

GÜVEN VEREN TEKNOLOJİ

SAYI 113 / TEMMUZ 2022

ISSN 1300-2473

aselsan DERGI



ASELSAN A.Ş. Türk Silahlı Kuvvetlerini Güçlendirme Vakfının bir kuruluşudur.

**AR-GE:
TEKNOLOJİDE YENİ
UFUKLAR**



Birliktelik

Birliktelik değerimizin ASELSAN kültüründeki karşılığı:

- Her durumda birlikte sorumluluk üstleniriz.
- Birbirimizle her durumda dayanışma içinde oluruz.
- Ortamda bulunmayanın hakkını koruruz.
- Ekip amaçları için birbirimizi cesaretlendiririz.
- İş sonuçlarına katkı sağladığımızı düşündüğümüz davranışları takdir ederiz.
- Bölümler arası iş süreçlerinin uyumu için bilgiyi ve deneyimi paylaşıp, iş birliği yaparız.
- Farklılıklara saygı gösterir, farklılıklardan sinerji yaratırız.



Güven

Güven değerimizin ASELSAN kültüründeki karşılığı:

- Söylediğimizi yapar, yaptığımızı söyleriz.
- Açık, net ve şeffaf iletişim kurarız.
- Verdiğimiz sözleri tutarız.
- İşleri zamanında ve tam olarak teslim ederiz.
- Hatayı kimin yaptığına değil, sorunun çözümüne odaklanırsınız.



Gelişim

Gelişim değerimizin ASELSAN kültüründeki karşılığı:

- Sürekli öğrenir ve kişisel gelişimimizin sorumluluğunu alırız.
- Potansiyelimizi zorlayıcı hedeflerle keşfeder ve geliştiririz.
- Gelişim için geri bildirim alırız ve yapıcı geri bildirim veririz.
- İç ve dış paydaşlarımızın gelişimine katkı sağlarız.



Mükemmellik

Mükemmellik değerimizin ASELSAN kültüründeki karşılığı:

- Süreçlere uygun çalışır, süreçlerin etkinliğini sürekli izler ve iyileştirme önerileri sunarız.
- Kaynaklarımızı verimli kullanırız.
- Daha iyisi için bir işin nasıl yapılmayacağını değil nasıl yapılabileceğini konuşuruz.
- İşimizin izlenebilir, tekrar edilebilir olmasını sağlarız.
- Paydaşlarımızın ihtiyaç ve beklentilerini doğru analiz ve tespit eder, karşılıklı teyit ederiz.



Yenilik

Yenilik değerimizin ASELSAN kültüründeki karşılığı:

- Rutini sorgular, yeni fikirler üretir, yaratıcı çözümler deneriz.
- Değişim ihtiyacını anlar, destekler ve değişime öncülük ederiz.
- Hata yapmaktan korkmayız ve hataları bir öğrenme fırsatı olarak görürüz.
- Bireylerin farklı fikirlerini ifade etmelerini destekleriz.
- Dünyadaki yenilikçi yaklaşımları takip eder, proaktif bir anlayışla işlerimize yansıtırız.

GÜCÜMÜZ **DEĞER** LERİMİZ

aselsan

BAĞIMSIZ TEKNOLOJİLER İÇİN ÖNCELİĞİMİZ AR-GE

Pandemi ve iklim değişikliğiyle birlikte küresel rekabet artık çok daha farklı bir boyuta taşındı. Teknolojik gelişmelerin öncüsü olan Ar-Ge ve inovasyon faaliyetleri de her zamankinden daha önemli bir hale geldi. Ordusunu geliştirmiş savunma teknolojileri ile güçlendirmek isteyen bütün devletler, kendilerine üstünlük sağlayacak yenilikçi araştırmalara önem vermektedir. Ar-Ge; mesafelerin, asker ve ekipman sayısının önemini yitirdiği, hızın ve teknolojinin merkeze yerleştiği günümüzde, ülkeler için hayati önem taşımaktadır. Yenilikçi bakış açısı ile kendini geliştirmeyi hedefleyen savunma sanayii şirketleri çok daha başarılı bir kurumsallaşma örneği sergileyerek küresel rekabette öne çıkmaktadır. Bizler ASELSAN olarak bunun bilincindeyiz ve tüm çalışmalarımızda Ar-Ge'yi, inovasyonu ön planda tutuyoruz.

ASELSAN'da teknolojiye yön verme hedefiyle çığır açıcı teknolojilere yönelik temel araştırma çalışmalarını inovatif bakış açısı ile, yapay zekadan otonomiye, fotonikten metamateryale, biyosavunmadan kuantum teknolojilerine kadar uzanan geniş bir alanda, ülkemizi ve ASELSAN'ımızı daha ileriye taşımak üzere sürdürmekteyiz. Aynı inovatif bakış açısı ile belirlenen teknoloji alanlarında temel Ar-Ge çalışmalarının yürütülmesinin yanı sıra Ar-Ge ekosistemimizin güçlendirilmesi amacıyla yurt içi ve yurt dışında önde gelen üniversite/enstitü, kurum ve kuruluşlarla iş birliği çalışmalarını da gerçekleştirmekteyiz. Bu misyonumuz doğrultusunda, Ar-Ge Yönetim fonksiyonlarında da dünyanın en iyi şirketleri ile rekabet edebilecek, yenilikçi ve sürdürülebilir yönetim yaklaşımları uygulamaktayız.

Savunma Sanayii Başkanlığımızın vizyonu doğrultusunda ASELSAN'da, hem ürün ve sistem geliştirmek için hem de kritik teknolojilerin sahibi olmak için yüksek kapasiteli insan kaynağından aldığımız gücü de harekete geçiriyoruz. İnovasyonu ve Ar-Ge'yi üretimden pazarlamaya, tedarikten yönetime kadar tüm iş süreçlerinde faaliyetlerimizin odak merkezi haline getirerek ulusal ve uluslararası alanda başarılarla imza atıyoruz.

Ciromuzun ortalama olarak yüzde 7'sini kendi öz kaynakları ile finanse edilen Ar-Ge faaliyetlerine



Prof. Dr. Haluk GÖRGÜN

Yönetim Kurulu Başkanı ve Genel Müdür

ayırıyoruz. Farklı yerleşkelerimizde bulunan toplam sekiz Ar-Ge Merkezi ve buralardaki altyapı imkânları ile kapsamlı Ar-Ge faaliyetleri yürütmekteyiz.

İstikrarlı büyümemizi teminen 2021'de de Ar-Ge faaliyetlerimizi 5.000'i aşkın Ar-Ge personelimizle yürüttük. 2021 yılında Ar-Ge 250 Türkiye'nin En Çok Ar-Ge Harcaması Yapan Şirketleri araştırmasında birinciliği elde ettik.

ASELSAN teknoloji hedefleri kapsamında gerçekleştirilen Ar-Ge projelerinde yurt içi ve yurt dışı destek programlarından azami ölçüde yararlanılması amacıyla çalışmalar yürütüyoruz. Bu doğrultuda destek sağlayıcı kurumlar ile iletişim halinde olarak destek programlarının ASELSAN ihtiyaçları doğrultusunda etkin olarak kullanılması, bununla birlikte kurumlardan sağlanan geri bildirimler ile destek programlarında başarı oranının artırılmasını hedefliyoruz.

ASELSAN Dergi'nin bu sayısında çığır açıcı teknolojilerin gelişim hikâyelerine, milli başarılarla ve Ar-Ge'nin ülkemizin geleceği için ne kadar önemli bir konumda olduğuna şahit olacağız.

Savunma ve yaşam teknolojileri alanlarında başucu kaynağı haline gelen ASELSAN Dergimizin bir sonraki sayısında başka ilgi çekici temalarda görüşmek üzere.

ASELSAN Elektronik San. ve Tic. A.Ş.

Adına Yayın Sahibi

Prof. Dr. Haluk GÖRGÜN

Genel Yayın Yönetmeni

Prof. Dr. Hakan KARATAŞ

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü

İbrahim BİLEKLİ

Yayın Kurulu

Necla Seyhan AKMAN

Hande BALCI

Esra DOĞU

Esra ERKAN

Gülru SELÇUK FİLİZ

Bahar GİRGİNER

Damla GÜNEY

Berkan KARAKURT

Serkan KEKEÇ

Cansın MISIRLI

Fuat Taner ÖZDEMİR

Murat SELÇUK

İbrahim TEKİN

Şeniz ULUÇAY

Haber Merkezi

Cengizhan ÇATAL

Simge SADAĞ

Fotoğraf

Evren BARIŞIK

İbrahim ÖZTÜRK

Dağıtım

Osman ARDOĞAN

Tasarım

EDİTORYAL Tasarım Ltd. Şti.

Bağlar Caddesi, No: 14

Kağıthane Ofispark, C2 Blok Zemin Kat

Kağıthane 34406, İstanbul

www.editorial.com.tr

Yayın Tarihi

Sayı 113 - 18 Temmuz 2022

Yayın İdare Adresi

ASELSAN A.Ş.

Mehmet Akif Ersoy Mahallesi

İstiklal Marşı Caddesi, No: 16

Yenimahalle 06200, Ankara

Baskı Cilt

18 Temmuz 2022 / 09:00

BAŞAK MATBAACILIK TANITIM HİZMETLERİ İTHALAT İHRACAT A.Ş.

Macun Mah. Anadolu Bulv. Meka Plaza 5/7

Yenimahalle / ANKARA - 0312 397 16 17

Matbaa Sertifika No: 51529

Yayının Türü

Yerel Süreli Yayın

Dergide yayımlanan yazılardan, kaynak adı gösterilerek alıntı yapılabilir. Dergide yayımlanan yazılar yazarların kişisel görüşüdür. ASELSAN A.Ş.'yi sorumlu kılmaz. ASELSAN Dergisi, Basın Ahlak Yasasına uymayı taahhüt eder.



ASELSAN A.Ş.

Türk Silahlı Kuvvetlerini Güçlendirme

Vakfının bir kuruluşudur.



"Bir ulusun asker ordusu ne kadar güçlü olursa olsun, kazandığı zafer ne kadar yüce olursa olsun, bir ulus ilim ordusuna sahip değilse, savaş meydanlarında kazanılmış zaferlerin sonu olacaktır. Bu nedenle bir an önce büyük, mükemmel bir ilim ordusuna sahip olma zorunluluğu vardır."

K. Atatürk



YAPILAMAYANI YAPMAK... S/006



BİLGİSAYARLAR İNSAN GİBİ GÖRÜP ALGILAYABİLİR Mİ? S/088



ASELSAN EFES-2022'DE GÖVDE GÖSTERİSİ YAPTI S/146

İÇİNDEKİLER

ASELSAN AR-GE YÖNETİMİ

SAVUNMA SANAYİİNDE AR-GE TARİHÇESİ VE ASELSAN'DA AR-GE YÖNETİMİ	004
YAPILAMAYANI YAPMAK...	006
BİYOSİNYAL TABANLI BİYOMEKATRONİK ÇALIŞMALARI	008
IŞIKLA TUZAKLAMA VE MANİPÜLASYON: OPTİK CİMBİZ NEDİR?	012
PLAZMONİK NANOPARÇACIKLARIN ÖZELLİKLERİ, OPTİK TESPİT YÖNTEMLERİ VE BİYOSENSÖR UYGULAMALARI	016
BİLİM KURGUDAN GERÇEĞE: GİYİLEBİLİR ELEKTRONİKLER	020
BİYOMİMETİK: TAKLİT Mİ? İNOVASYON MU?	024
GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE: KARBON	028
METAMALZEMELER VE GÖRÜNMEZLİK	032
OLMASA, OLUR MUYDUK: MALZEME BİLİMİ	036
ÇIRPAN KANATLI BİYOSİNLENMELİ MİKRO HAVA ARAÇLARINDA AKILLI MALZEMELERİN KULLANIMI	040
DURUMSAL FARKINDALIK İÇİN BİR MÜHENDİSİN YOL REHBERİ	044
OTONOMİYE GİDEN YOLDA UZAMSAL BİLİŞ	052
ROS NEDİR? GÜNÜMÜZDEN ÖRNEKLER VE KULLANIM ALANLARI	056
YAPAY ZEKÂ İLE ROBOTLAR KONTROL EDİLEBİLİR Mİ?	060
NEREDE OLDUĞUNU BİLİYORUM: HEDEF YÖNÜ TESPİTİNDE YENİ YÖNTEMLER	062
KUANTUM TEKNOLOJİLERİ İLE HEDEF TESPİTİ	068
MAKİNE ÖĞRENMESİ: MAKİNELER NELERİ TESPİT EDEBİLİR?	072
MAKİNE ÖĞRENMESİ: MAKİNELER NE GÖRÜR, ANLAMLANDIRIR?	074
TIBBİ GÖRÜNTÜLEME VE TERAPİDE YENİ ÇÖZÜM: MANYETİK NANOPARÇACIKLAR	078
SIKIŞTIRILMIŞ ALGILAMALI GÖRÜNTÜLEME NEDİR? NEREDE KULLANILABİLİR?	086
BİLGİSAYARLAR İNSAN GİBİ GÖRÜP ALGILAYABİLİR Mİ?	088
BİLGİSAYARLAR İNSAN GİBİ OKUYABİLİR, ANLAYABİLİR VE YAZABİLİR Mİ?	096
BİLGİSAYARLAR İNSAN GİBİ DÜŞÜNÜP KARAR ALABİLİR Mİ?	104
BİLİŞİMDE YAPAY ZEKÂNIN YERİ NEDİR?	118
KABLOSUZ ENERJİ TRANSFERİNDE MİKRODALGALAR	122
KÜÇÜK YERLEŞİMLER İÇİN MİKRO ŞEBEKE TEKNOLOJİ VE ÇÖZÜMLERİ	124
ANTEN NEDİR? ANTEN SİSTEMLERİNDE METAMALZEMELER	126
HÜCRE BAĞIMSIZ MIMO HABERLEŞME	130
TAM ZAMANI: OPTİK ATOMİK SAAT	136
AR-GE'NİN BİLİNMEZLİKLERİ İÇİNDE PROJE YÖNETİMİ	140
BİLGİ PAYLAŞTIKÇA ÇOĞALIR	142

GÜNCEL HABERLER

ASELSAN EFES-2022'DE GÖVDE GÖSTERİSİ YAPTI	146
UNİVERSİTİ PUTRA MALAYSIA HEYETİ ASELSAN AR-GE FAALİYETLERİ HAKKINDA BİLGİ ALDI	148
AR-GE YÖNETİMİ GENEL MÜDÜR YARDIMCILIĞI, SABANCI ÜNİVERSİTESİ TEKNOLOJİ ÇALIŞTAYINDA	149
GENÇLERİN GÖZDESİ YİNE ASELSAN	150
DIŞİŞLERİNİN GÜVENLİĞİ DE ARIN'A EMANET	151
GÖKDENİZ YETENEKLERİNİ ZORLU SENARYODA YAPILAN ATIŞLI TESTLER İLE KANITLADI	152
VURAL SİSTEMİ TESLİM EDİLDİ	153
TONLARCA ATIĞIN ÖNÜNE GEÇİLDİ	153
MAVİ VATAN ASELSAN İLE DAHA GÜVENLİ	154
ASELSAN HETEROJEN İNSANSIZ DENİZ ARACI SÜRÜSÜ	156

SAVUNMA SANAYİİNDE AR-GE TARİHÇESİ VE ASELSAN'DA AR-GE YÖNETİMİ

Kemal ARI

Yasin Ersin TELEMECİ



“Ar-Ge nedir?” sorusunun cevabı için öncelikle “İcat nedir?” sorusuna cevap bulmak gerekmektedir. İcat, diğer bir deyişle buluş, daha önce bilinmeyen herhangi bir şeyin kişi veya kişilerce var edilmesidir. Bilgi dağarcığını artırmak ve bu bilgiyle yeni icatlar ortaya çıkartmak için gerçekleştirilen yaratıcı, özgün, yenilikçi ve çoğunlukla da sistematik aktivitelerin toplamına ise Ar-Ge denilmektedir. Ar-Ge kapsamında, belli bir amaca yönelik olarak özelleşmiş ekipler tarafından, literatür araştırmasını temel alan deneyler gerçekleştirilip, deney sonuçları kullanılarak teknolojik gelişmeler sağlanan çalışmalar yapılmaktadır. Özetle, insanoğlunun daha iyiyi arayışıdır Ar-Ge.

İnsanların taş ve sopalarla gerçekleştiremediklerini mümkün hale getirmek için bakırı eriterek şekillendirmesi, akabinde bakırdan daha sert ve dayanıklı bir madde arayışı sonucunda bakır ve kalay alaşımına ulaşması ve teker yapısının icadı ile beraber bu yapıyı çömlek üretiminin yanında taşımacılıkta da kullanmaya başlaması, tarihteki ilk Ar-Ge çalışmalarından sayılmaktadır. Bunlarla beraber, barutun icadıyla kullanılmaya başlayan ateşli silahlar, buhar motorunun icadı ve ulaşımında kullanılması, bilginin yayılmasını hızlandıran matbaanın icadı gibi Ar-Ge tarihinin kilometre taşı

olarak nitelendirilebilecek icatlar, tarih boyunca güç dengelerinin değişmesine yol açmıştır. Bu gibi icatlar, yetenekli bir sanatçının sanatını icra etmesi gibi bireysel gayretlerle ortaya çıkmıştır. 1900’lü yıllardan sonra ise bu gayretleri daha sistematik bir şekilde sonuca dönüştürmeyi hedefleyen Ar-Ge yaklaşımı sayesinde medeniyetin ilerlemesi hızlanmıştır. Örneğin, içten yanmalı motorların geliştirilmesi ile otomobil ve uçağın icadı, yarı iletken maddelerin keşfedilmesi ve ardından transistörün icat edilmesi ile bilgisayar ve internetin ortaya çıkışı, uydu ve uzay teknolojilerinin kullanıma alınması gibi gelişmeler ise Ar-Ge’nin altın çağını başlatmıştır. Tüm bu gelişmeler göstermektedir ki medeniyetin ilerlemesinin yolu Ar-Ge’den geçmektedir.

İnsanların ve toplumların en temel ihtiyaçlarından biri olan güvenlik konusunda da ilk çağlardan itibaren icatların yapılmakta olduğu, arkeolojik çalışmalar sonucunda ortaya konmuştur. Taşlardan yapılan baltalar, bakır, kalay gibi metallerin eritilmesiyle yapılan kılıçlar, ok ve mızrak uçları, tahta veya metalden yapılan kalkanlar, zırhlar ve başlıklar bu alanda ilk arkeolojik bulgulardandır. Diğer topluluklardan ve yırtıcı hayvanlardan korunmak veya hayvanları avlamak amacıyla ortaya çıkan bu icatların



sayısı her geçen yüzyılda daha da artmış, toplumların birbirleriyle etkileşime geçmesi, ticaretin başlaması ve savaşların yapılması ile savaş aletleri konusunda insanlığın bilgi birikimi artmıştır. Bilimsel düşüncenin ve mühendisliğin ilerlemesiyle birlikte, düşman unsurlara karşı üstünlük sağlayabilmek amacıyla daha dayanıklı malzemeler araştırılmaya, yeni tip savaş araçları geliştirilmeye başlamıştır. Bakır yerine bronz, demir, çelik gibi metal ve alaşımlar kullanılmış, özellikle orta çağ ve sonrasında kale duvarlarını aşabilmek için mancınık, koçbaşı ve barutun icadından sonra da bombardıman topu geliştirilmiştir. Barutun icadı savaşların konseptini kökünden değiştirmiş ve yakın dövüş silahları yerlerini yavaş yavaş tüfek ve top gibi yeni tip silahlara bırakmıştır. Orta çağ sonrasında devletlerin daha demokratik yaklaşımlar benimsemeye başlaması insan hayatına verilen değeri artırmış ve devletleri savaşlarda insan kaybını azaltmaya yönelik savunma teknolojilerini araştırmaya sevk etmiştir. Bu doğrultuda yapılan araştırma ve geliştirmeler sonucunda askeri personeli daha korunaklı bir şekilde taşımaya yarayan zırhlı araçlar, tanklar ve uçaklar ortaya çıkmıştır. İçinde bulunan personeli dış tehditlere karşı korurken, aynı zamanda taarruz gücünü de artırmayı hedefleyen bu teknolojiler günümüzde de geçerliliğini sürdürmesine rağmen, modern yarı iletken, iletişim, yapay zekâ vb. teknolojilerin desteğiyle insansız sistemler ön plana çıkmaya başlamıştır. İnsan kaybını ortadan kaldıran bu teknolojiler, gelişmiş bütün devletlerin odağındadır. Konvansiyonel savaş yöntemini değiştiren bu tip sistemlerin aktif olarak kullanımını, Türkiye'nin gerçekleştirdiği sınır ötesi operasyonlarda, Azerbaycan-Ermenistan Savaşı'nda ve Rusya-Ukrayna Savaşı'nda görmeye devam etmekteyiz.

Bütün bu örneklerle birlikte, insanların güvenliğe duyduğu ihtiyaç nedeniyle gerçekleştirdiği savunma amaçlı arayışlar günümüzde kullanılan pek çok sivil teknolojinin de temelini oluşturmuştur. Savaş pilotlarının güneşten etkilenmesini önlemek için geliştirilen güneş gözlükleri, İkinci Dünya Savaşında

Amerikan ordusunun ihtiyaçları doğrultusunda geliştirilen yapıştırıcılar ve bantlar, yine İkinci Dünya Savaşı sırasında uçak, tank, savaş gemisi, taşıyıcı araç üretimi nedeniyle ortaya çıkan kauçuk ihtiyacının giderilmesi için geliştirilen sentetik kauçuk, insan hayatının her noktasına dokunmaktadır. Ayrıca, radar araştırmaları esnasında ortaya çıkan mikrodalga fırınlar, savaş uçakları ve gemilerin ulaşımına yol göstermek için geliştirilen GPS teknolojisi, savaş pilotlarının eğitimi için oluşturulan ve günümüzde sivil alanda kullanımı giderek yaygınlaşan sanal gerçeklik sistemleri bu tip teknolojilere örnek gösterilebilir.

İnsanlık tarihi boyunca görüldüğü üzere, savunmanın doğası gereği, tehdit oluşturan unsurlardan teknolojik açıdan üstün olmak önemli bir avantaj sağlamaktadır. Dolayısıyla ordusunu gelişmiş savunma teknolojileriyle donatmak isteyen bütün devletler, bu alanda yapılan araştırmalara önem vermektedir. Oluşan bu yarış ortamında öne çıkmanın merkezinde ise Ar-Ge yatırımları ve inovasyona verilen değer yer almaktadır.

Kuruluşundan bu yana ülkemizin savunma sanayiinde dışa bağımlılığını azaltmada etkin rol oynayan ASELSAN, savunma teknolojilerinde dünya güçleriyle rekabet edebilmek için birçok ürün üretmiş ve geliştirmiştir. ASELSAN, sanayi çağından bilgi çağına geçişin belirginleştiği bu zamanlarda Ar-Ge'nin değerinin bilincinde olarak yönünü öncü teknolojilere çevirmiştir. Hedef, ileri teknolojilerde öncü olup sadece askeri değil sivil alanlarda da üstünlük sağlamaktır. Bu kapsamda, ASELSAN çatısı altında faaliyet gösteren Ar-Ge Yönetimi Genel Müdür Yardımcılığının (AGYGMY) misyonu; ASELSAN'ın stratejik hedefleri doğrultusunda, ihtiyaç duyulan teknolojik kazanımları sağlamak, değişim ve gelişimi desteklemek, ASELSAN'ın teknolojik üstünlüğünü korumak ve ileriye taşımaktır. Bu amaçla ASELSAN, çığır açıcı (disruptive technologies) öncü teknolojilerin geliştirilmesini sağlamak ve küresel konumda öncü olmak için çalışmalarına durmaksızın devam etmektedir.

YAPILAMAYANI YAPMAK...

Erdem Can ÖZDEMİR

Yıl 1975... Zor koşullar altında ambargo ile karşı karşıya kalan devletimiz, Cumhuriyet tarihinin ilk amfibik çıkartma operasyonu olan Kıbrıs Barış Harekâtını başarı ile gerçekleştirerek adada barışı sağlamıştı. Bu harekâtın sonuçları, bir yandan Türkiye Cumhuriyetinin uluslararası arenada güçlü bir devlet olarak saygınlığını artırırken, diğer yandan haklı olduğu konularda dahi ülkemize uygulanan askeri ambargolar, Türkiye Cumhuriyetinin güçlü ve tam bağımsız geleceğinin ancak savunma sanayiinde bir millileşme hamlesi ile mümkün olabileceği fikrinin de belirginleşmesine sebep oldu. ASELSAN bu milli bilincin sonucu, yüce gönüllü Türk milletinin bağışlarıyla kurularak Necatibey Caddesindeki bir apartman dairesinde faaliyetlerine başladı.

Kuruluşundan bugüne, merkezine Ar-Ge'yi alarak Türk Silahlı Kuvvetlerinin savunma elektroniği alanındaki ihtiyaçlarını milli imkânlarla üretilmiş son teknoloji sistemlerle karşılamayı kendisine misyon olarak benimseyen ASELSAN, faaliyetlerine ilk olarak askeri telsizler üreterek başladı. En önemli sermayesinin yetişmiş insan kaynağı olduğunun bilinciyle, geleceğin yüksek teknoloji ürünlerinin geliştirilmesinde kritik rol oynayacak olan personeli eğitimlerle destekliyordu. Öte yandan, tam bağımsız bir savunma sanayii hamlesinin başarılı olmasının yolu Ar-Ge yatırımlarından geçiyordu. Bu sebepten kısıtlı imkânlarla yürütülen Ar-Ge faaliyetlerinin çok daha geniş ve donanımlı bir Ar-Ge merkezinde toplanması kararlaştırılarak Macunköy Yerleşkesinin inşaatına başlandı. 1980 yılında açılışı yapılan yeni Ar-Ge merkezi, Türkiye'nin savunma alanında ilk teknoloji üssü oldu.





İstikrarlı ve sürdürülebilir bir büyüme ancak Ar-Ge yatırımlarıyla mümkündür ve haberleşme teknolojileri alanında başarısını ispatlayan ASELSAN, artık savunma sanayiinde dışa bağımlılığı en aza indirecek başka alanlara da yönelmeye başladı. Elektronik harp, tank modernizasyon projeleri, elektro-optik sistemler derken, bir yandan sivil alanlarda da atılımlar yaparak akıllı ulaşım sistemleri, yenilenebilir enerji sistemleri, hatta 2019 yılından itibaren tüm dünyayı etkisi altına alan pandemi koşullarında ülkemizin sağlık sektöründe oluşan acil ihtiyaçlarına cevap verecek olan sağlık teknolojileri alanında da faaliyetler yürütmeye başladı.

Bugün itibarıyla sadece Türkiye’de değil, küresel çapta dünyanın en büyük savunma sanayii şirketleri arasında gösterilen ASELSAN, her yıl yıllık cirosunun yaklaşık olarak yüzde 7’sini Ar-Ge alanında yürütmekte olduğu faaliyetlere harcamaktadır. Yurt içinde ve yurt dışında 50’den fazla üniversite ile Ar-Ge alanında iş birlikleri yürütmektedir.

Faaliyet alanları bakımından birbirinden ayrı beş farklı sektör başkanlığı, birbirinden bağımsız birer Ar-Ge merkezi anlayışıyla faaliyetlerini sürdürmektedir.

Bununla birlikte; biyosavunma, yapay zekâ, kuantum teknolojileri, otonomi ve mekatronik gibi hızla gelişen ve değişen teknolojik yeniliklerle geleceğin öncü teknolojilerini takip etmek ve mevcut küresel yarışta ülkemizi en üst noktalara taşıyabilmek için, ASELSAN’ın çağın gereklerine ayak uyduracak bir yapılanma değişikliğine gitmesi gerekiyordu. Bu nedenle ASELSAN Yönetim Kurulu, Ar-Ge faaliyetlerinin daha etkin ve verimli bir şekilde tek bir merkezden yönetilmesini sağlamak amacıyla Ar-Ge Yönetimi Genel Müdür Yardımcılığının kurulması kararını almıştır. Ar-Ge Yönetimi Genel Müdür Yardımcılığı da misyonunu, ASELSAN’ın stratejik hedefleri doğrultusunda, ihtiyaç duyulan teknolojik kazanımları sağlamak, değişim ve gelişimi desteklemek, ASELSAN’ın teknolojik üstünlüğünü korumak ve ileriye taşımak olarak belirlemiştir.

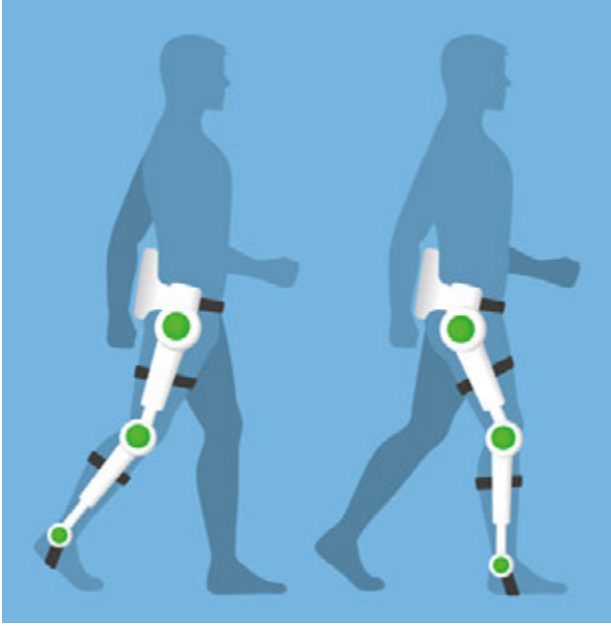
Dünyanın önde gelen ülkelerinin, çığır açan öncü teknolojiler (disruptive technologies) konusunda Ar-Ge çalışmalarının adeta küresel bir yarışa dönüştüğü bu son yıllarda, kuruluş felsefesi muasır medeniyetler seviyesine ulaşmak olan Türkiye Cumhuriyetinin bu teknolojik gelişmeleri yakinen takip etmesi kritik bir öneme sahiptir. Ülkemiz savunma sanayiinin amiral gemisi olan ASELSAN, bu kutsal vazife ile yola çıkarak, üzerine düşen değişim hamlesini layıkıyla yerine getirecektir.

BİYOSİNYAL TABANLI BİYOMEKATRONİK ÇALIŞMALARI

Ahmet Doğukan KELEŞ

Doğukan KORKUT

İnsan-makine etkileşimli robotik sistemler, biyomekatronik alanında yapılan araştırma ve ürünleştirme çalışmalarının odak noktasını oluşturmaktadır. Sağlık alanında kullanılmakta olan ortez, protez ve rehabilitasyon sistemleri ile askeri dış iskelet sistemleri biyomekatronik çalışmaların en bilinen ve yaygın çıktılarıdır [Şekil 1].



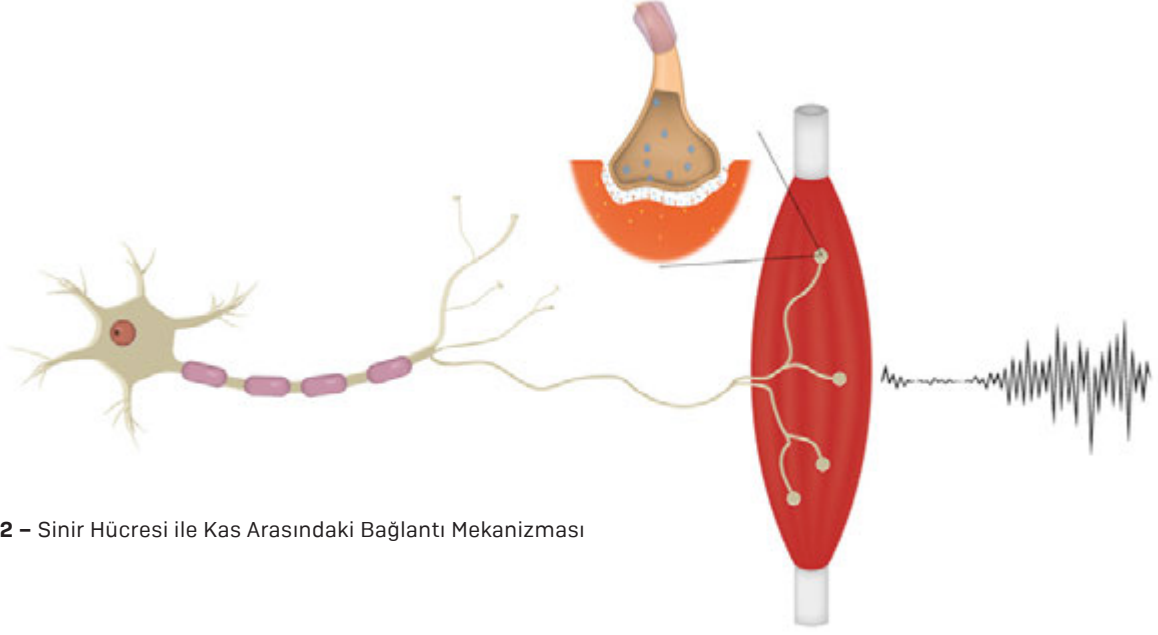
Şekil 1 – Biyomekatronik Sistemler

Son yıllardaki donanımsal ve yazılımsal teknolojik atılımlara paralel olarak, biyomekatronik sistem geliştirme çalışmaları da hız kazanmıştır. Yüksek efor gerektiren tekrarlı işlemler için uzun ömürlü, hafif, kullanımı rahat ve yüksek kuvvet ile tork iletimi sağlayan mekanik altyapıların geliştirilmesine yönelik ileri malzeme çalışmaları;

kinetik, kinematik ve biyosinyal verilerinin yüksek çözünürlük ile gerçek zamanlı ölçümüne yönelik sensör çalışmaları; makine öğrenmesi ve yapay zekâ tabanlı algoritmaların geliştirilmesi ile bunların gömülü sistemlere aktarımı çerçevesinde yapılan çalışmalar yüksek öneme sahip faaliyetlerdir. Bu çalışmalar, özellikle insan-makine etkileşimli sistemlerin geliştirilmesi süreçlerindeki ihtiyaçların giderilmesi noktasında kritik çözümler sunmaktadır. Sıklıkla karşılaşılan gereksinimlerden biri, yüksek doğruluk ve verimlilik ile kullanıcının yapmak istediği hareketi anlayabilen veya önceden tahmin edebilen altyapılara olan ihtiyaçtır. Bu ihtiyacı karşılamak adına, vücut yüzeyinden toplanabilen biyosinyaller üzerinden, hareket türü algılama [Örneğin; merdiven inme-çıkma, farklı hızlarda düz zeminde yürüme, bir objeyi tutma vb.] ve ilgili hareket için eklemlerdeki kinetik ve kinematik değişimleri tahmin etme çalışmaları günümüzde devam etmektedir. Mevcut ileri araştırma ve geliştirme çalışmalarında, yaygın kullanıma sahip biyosinyaller ise elektromiyografi [EMG] ve elektroensefalografi [EEG] sinyalleridir.

EMG sinyali, istemli ve istemsiz kas hareketleri sırasında merkezi sinir sistemi tarafından motor nöronlar aracılığıyla uyarılan kaslarda oluşan elektriksel potansiyelin kümülatif toplamıdır ve ilgili kasa yakın deri yüzeyinden kaydedilebilmektedir [Şekil 2].

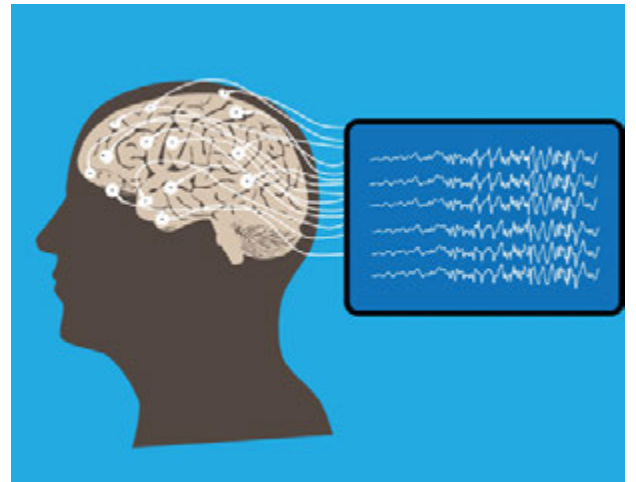
Eklem hareketleri ile ilgili eklemlerin hareketinden sorumlu kasların EMG verileri arasındaki ilişkiyi incelemeye yönelik çalışmalar günümüzde halen devam etmektedir. Alt ve üst uzuvda yer alan kasların EMG sinyallerinin, farklı hareket türleri için farklı sinyal desenlerine sahip olduğu görülmüş ve hareket türlerinin EMG sinyalleri üzerinden ayrıştırılabileceği gözlemlenmiştir. Ek olarak, hareket türü özelinde EMG sinyal desenlerinin tekrarlı olduğu ve yüksek



Şekil 2 – Sinir Hücresi ile Kas Arasındaki Bağlantı Mekanizması

korelasyona sahip oldukları belirlenmiştir. Bu çerçevede, alt ve üst uzuv eklemlerindeki kinetik ve kinematik değişim verilerine ait sinyal desenlerinin de benzer davranışlar gösterdiği tespit edilmiştir. Bu veriler üzerinden, kullanıcının yapmakta olduğu hareket türünün algılanması ve ilgili hareket türü için eklemlerdeki kinetik ve kinematik değişimlerin tahmin edilmesine yönelik, EMG sinyallerinin girdi olarak kullanıldığı altyapıların geliştirilmesine yönelik çalışmalar günümüzde devam etmektedir. Ancak, ürünleştirilmiş bir çözüm bulunmamaktadır. Bunun en önemli sebeplerinden bir tanesi de EMG sinyallerinin gerçek zamanlı uygulamalar için anlamlandırılması zor biyosinyaller olmasıdır. Temiz ve yüksek genliğe sahip EMG sinyalleri, hedef kasın yüzeyinden veya iğne uçlu elektrotlar yardımıyla invaziv yöntemler ile toplanabilmektedir. İnvaziv yöntemlerin en önemli ve bilinen dezavantajı, deri altı EMG sensörlerinin yerleştirilmesi için cerrahi operasyona ihtiyaç duyulmasıdır. EMG sinyallerinin deri yüzeyinden kaydedilmesine olanak sağlayan yüzey elektrotlarının kullanımında ise cerrahi operasyona gereksinim yoktur. Ancak yüzey elektrotları kullanılarak toplanan sinyaller, deri altı sensörler kullanılarak kaydedilen sinyaller kadar temiz ve yüksek genlikli olamamaktadır. Bunun başlıca sebepleri, deri ile kas yüzeyi arasında kalan canlı tabakaların EMG sinyallerinin genliklerini düşürerek bozması ve kas hareketliliklerinin sinyalde gürültülere neden olmasıdır. Bu kapsamda, yüzey elektrotları kullanılarak toplanan sinyallerin, yüksek doğruluk ile anlamlandırılabilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir.

EEG sinyali, beyindeki elektriksel aktivitelerin gözlemlenebildiği ve kafatası üzerine yerleştirilen sensörler yardımıyla kaydedilebilen biyosinyallerdir. Nöronların uyarımı ve ilgili uyarımın aktarımı sırasında elektriksel potansiyel farkları meydana gelir ve bunların kümülatif toplamı EEG sinyalini oluşturur. Kas-iskelet sistemi üzerindeki istemli ve istemsiz hareketler sırasında ise, beyin ilgili bölgesindeki nöronların aktivitesi sonucu aktiviteye bağlı sinyal değişiklikleri gözlemlenebilmektedir. Bu niteliğiyle, EEG sinyali üzerinden alt ve üst uzuvda meydana gelen biyomekanik değişimler sınıflandırılabilir (Şekil 3).



Şekil 3 – EEG Sensörleri ve Sinyali

EEG sinyallerinin mikrovolt ölçeğinde genliğe sahip olması, beyin ile kafatası yüzeyi arasındaki dokuların filtre görevi görerek genlik azalmasına ve/veya sinyal bozukluklarına neden olması, yüzeysel elektrotlar kullanılarak EEG sinyallerin anlamlandırılmasını oldukça zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, invazif yöntemler kullanılarak, sinyal kaynağına yakın, daha yüksek genliğe sahip bozulmamış sinyallerin toplanabilmesine ve bu sinyaller üzerinde yüksek doğruluğa sahip anlamlandırma ve sınıflandırma yapılabilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir. Bu konu üzerinde çalışan Neuralink firması, 2016 yılında San Francisco'da Elon Musk ve sekiz nörolog tarafından, implante edilebilir beyin-makine arayüzü geliştirmek amacıyla kurulmuştur. Firma, "Link" olarak isimlendirdiği, beyin yüzeyine yerleştirilebilecek cihaz ile EEG sinyallerinin gerçek zamanlı anlamlandırılması üzerine çalışmalar yürütmektedir [Şekil 4]. Kas-iskelet sistemi

üzerindeki yeteneklerini belirli bir derecede ya da tamamen kaybetmiş felçli hastaların günlük yaşamlarını devam ettirebilmesine olanak sağlayacak dış iskelet sistemlerinin, üst ve alt uzuvlarının belirli bir kısmını ya da tamamını kaybetmiş ampute bireylerin kullanabileceği akıllı protez sistemlerinin, "Link" üzerinden kontrol edilebileceği teknolojinin geliştirme çalışmaları devam etmektedir.

Sivil, sağlık ve askeri alanlarda kullanılmakta olan sistemlerin daha yüksek verimlilik ve doğruluk ile çalışabilmesine yönelik biyosinyal temelli ileri araştırma çalışmaları günümüzde devam etmesine karşın, bu kapsamda ticarileştirilmiş bir ürün henüz bulunmamaktadır. Bu amaçla, ASELSAN Araştırma Merkezi bünyesinde, biyosinyallerin anlamlandırılmasına ve insan-makine etkileşimli sistemlere entegre edilmesine yönelik teknolojinin geliştirilmesi kritik öneme sahiptir.



Şekil 4 – Link Cihazı



TÜRK SİLAHLI KUVVETLERİNİ GÜÇLENDİRME VAKFI

AŞKLA COŞKUyla HEYECANLA

ORDUMUZU GÜÇLENDİRİYORUZ



TÜRKİYE İŞ BANKASI TL TR84 0006 4000 0014 2380 8100 00	Tüm operatörlerden 1987'ye gönderilen her kısa mesaj ile 10 TL bağışta bulunabilirsiniz.			
TÜRKİYE İŞ BANKASI EURO - SWIFT: ISBKTRIS TR28 0006 4000 0024 2384 0800 00	TÜRKİYE İŞ BANKASI USD - SWIFT: ISBKTRIS TR85 0006 4000 0024 2383 9100 00	T.C. ZİRAAT BANKASI TL TR07 0001 0017 4506 0317 4150 39	GARANTİ BANKASI TL TR71 0006 2000 1140 0006 2970 83	HALK BANKASI TL TR37 0001 2009 4520 0016 0019 87
ZİRAAT KATILIM BANKASI A.Ş. TL TR13 0020 9000 0005 7968 0000 01	AKBANK TL TR59 0004 6008 3288 8000 0088 88	VAKIF KATILIM BANKASI A.Ş. TL TR68 0021 0000 0001 9870 0000 01	ŞEKERBANK TL TR37 0005 9000 6013 0006 0076 22	TEB BANKASI TL TR13 0003 2000 0000 0067 1985 71

TSKGV, CUMHURBAŞKANLIĞININ 22 MART 2021 GÜN VE 3736 SAYILI KARARI İLE İZİN ALMADAN YARDIM TOPLAYABİLEN KURULUŞLARDAN SAYILMIŞTIR.

Remzi Oğuz Ank Mah. Paris Cad. Yazanlar Sk. No:4 Çankaya/ANKARA



Genel Müdürlük Tel: 0 312 468 87 88 - E-posta: bagis@tskgv.org.tr

aselsan

TÜRK HAVACILIK
UZAYSANAYII

roketstan

HAVELSAN

İSBİR

aspilsan

İŞIKLA TUZAKLAMA VE MANİPÜLASYON: OPTİK CİMBİZ NEDİR?

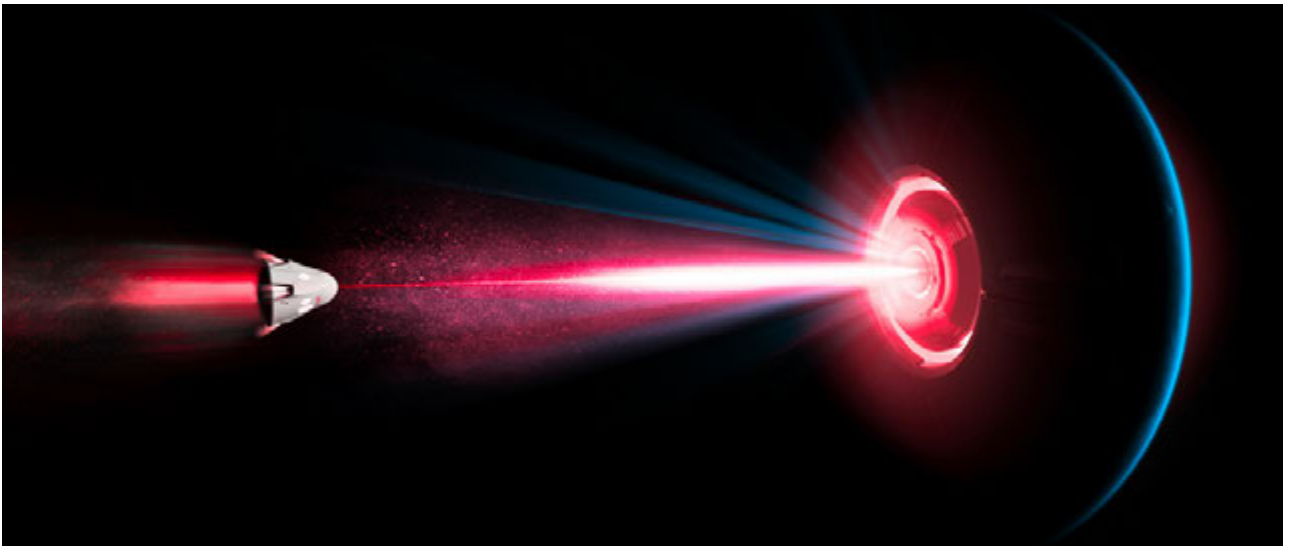
Dr. Damla BULUT

Bilim kurgu klasiği Uzay Yolu (Star Trek) filminde, yıldız gemisi Atılgan'ın (Enterprise) bir çekici ışın hüzmesi göndererek diğer uzay araçlarını bir yerden, başka bir yere taşıdığını veya düşman gemilerini kontrol etmek için bir savunma silahı olarak kullandığını görmüşüzdür (Şekil 1). Günümüzde uzay araçları olmasa bile mikro ve nano boyutta parçacıkların bir lazer ışını ile taşınabilmesi ve dokunmadan kontrol edilebilmesi mümkün. 2018 yılında Arthur Ashkin'e "lazer fiziği alanında çığır açan icatlar" vurgusuyla Nobel Fizik Ödülü kazandıran ve biyolojik sistemlerde uygulamaları bulunan bu teknolojinin adı optik cımbız olarak biliniyor.

Ashkin ve arkadaşları 1986 yılından bu yana gerçekleştirdikleri çalışmalarla optik cımbızı, önce bir bakteriyi ve küçük miktarda tütün mozaik virüsünü yakalamak için kullandılar. Sonrasında ise tek hücreleri ve hücre organellerini hareket ettirdiler. Ardından canlı hücreler içindeki hücre organellerine etkiyen küçük kuvvetleri ölçme amaçlı çalışmalar



2018 Nobel Fizik Ödülü kazananları. Solda Arthur Ashkin.



Şekil 1 – Bir çekici ışın ile tutulan uzay gemisi

gerçekleştirdiler. Burada sözü edilen kuvvetler 1 Newton'un trilyonda biri olan piconewton (pN) mertebesinde, bu kuvvetlerin etkisiyle tutulabilen parçacıkların büyüklüğü ise yaklaşık 5 nanometre ile 100 mikrometre değerindedir. Yapılan ilk dönem çalışmalardan da anlaşılacağı gibi optik cımbızlar yalıtkan küreleri, virüsleri, bakterileri, parazitleri, mikroalgleri, canlı hücreleri, proteinleri, enzimleri, organelleri, küçük metal parçacıkları ve hatta DNA ipliklerini tuzaklamak ve taşımak için kullanılabilir. Tuzaklanması istenen biyolojik örnek, mikron boyutlu cam veya polyeater bir boncuğa biyokimyasal yol ile tutturularak çalışılır. Ayrıca optik cımbızlama yöntemi yardımıyla, yukarıda sözü edilen mikroorganizmaların yüzme kuvvetlerinin ölçümü yapılarak, tuzak içindeki bir parçacığın izi sürülebilir ve çevre ile etkileşimleri incelenebilir. Peki neden bu yapıları tuzaklama ve taşıma gereksinimi duyuyoruz, kuvvet ölçümlerini yapmak istememizin sebebi nedir? Optik cımbızlamanın uygulama alanları nelerdir? Cımbızlama mekanizması nasıl açıklanır? Gelin, bu soruların cevaplarına bir göz atalım.

UYGULAMA ALANLARI

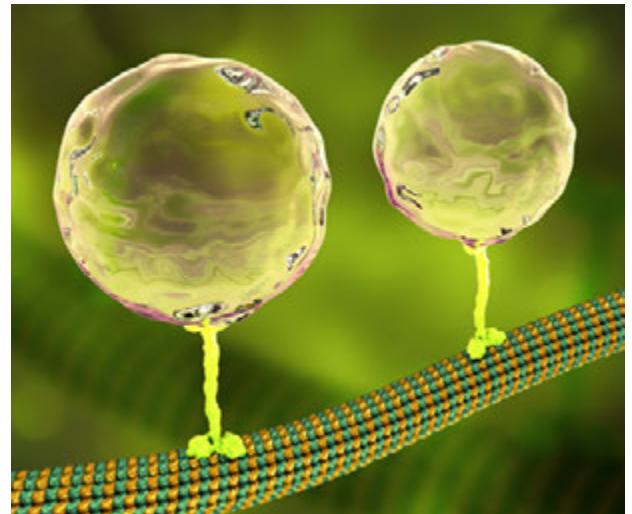
Çoğumuzun bildiği gibi, vücudumuzda ve çevremizde yaşayan çok sayıda bakteri türü vardır. Bu bakterilerin bazıları zararsız iken, bazıları ise enfeksiyonlara yol açarak insan sağlığını tehdit eder. Zararlı bakterilere örnek olarak, koli basili ve salmonella cinsi bakteriler verilebilir. Bu bakteriler, sahip oldukları kamçılar sayesinde sıvı içinde kendilerini iterek veya dönerek hareket edip yüzebilir. Sıvı içinde bakteriler yüzerken, ilgili kuvvetlerin optik cımbız yöntemi yardımıyla hesaplanması, bakterilerin nasıl besin aradığı veya bir yüzeye nasıl yaklaşıp, o yüzeye ne şekilde yapıştıkları ile ilgili bilgi verir. Bakterilerin besin arama sürecindeki ilerleyişi ve canlı vücudu içinde kolonileşme çabalarının önüne geçilmesi bakımından yüzme davranışı ile ilgili mekanizmayı anlamak önem taşır.

Kırmızı kan hücreleri (RBCs) gibi canlı hücrelerin mekanik deformasyonları pek çok hastalığın habercisi olabilir. Bu hücrelerin biçimsel esneklikleri organizma ve organizmanın fonksiyonları için önem taşır. Hücrelerdeki deformasyonlar ölçülüp modellenerek, hücre zarlarının viskoelastik özellikleri ve hücrelerin deformasyon miktarları anlaşılabilir. Bu yaklaşım, uzun dönem kan saklama ve kan nakli çalışmaları için en uygun kırmızı kan hücrelerini seçme olanağı sağlayabilir veya orak hücre anemisi gibi hematolojik hastalıkların incelenmesi konusuna ışık tutabilir. Bu kapsamda, kırmızı kan hücreleri yüzeylerine iki adet polyeater mikroboncuk tutturulur

ve bu boncuklar tuzaklanarak zıt yönlerde doğru çekilir. Bu şekilde, optik kuvvetler eşliğinde hücrenin deformasyonunun hangi kuvvet değerinden itibaren başladığı tespit edilmiş olur.

Moleküler motorlar, hücre içi kimyasal enerjiyi mekanik işe çevirerek hücre içinde hareketi sağlayan biyolojik makinelerdir. DNA replikasyonu, RNA transkripsiyonu, protein sentezi, hücre bölünmesi ve hücre içi trafikte görev alırlar. Moleküler motorlar enerji verimliliğinin yüksek olduğunun bilinmesi bakımından, çok sayıda çalışmaya konu olmaktadır. Örneğin kinesin adı verilen motor proteini, hücre içinde ATP'nin yardımıyla enerji sağlar ve yine hücre içindeki mikrotübül yapılar boyunca yürüme hareketi yaparak taşıyıcı kargo görevi üstlenir (Şekil 2). Optik cımbızlama sırasında optik tuzağın merkezinden çıkmaya çalışan bir parçacık, sanki optik bir yaya bağlıymışçasına geri çağırıcı bir kuvvetin etkisiyle tekrar merkeze gelir. Bu yol ile kinesin motorunun 5 pN'luk kuvvete karşı 8 nm'lik adımlar attığı anlaşılmıştır. Bir saniyede 100 adım atan bu molekülün hızı günlük hayata ölçeklenirse, ses hızını geçen jet motorlu süpersonik arabaların hızına yaklaştığı söylenebilir.

Biyolojide, küçük parçacıklar dışında büyük objelerin optik manipülasyonuna ait çalışmalar az da olsa mevcuttur. Örneğin, zebra balığının kulağının içinde yer alan kalsiyum karbonat kristal yapısındaki kulak taşları (otoliths) ses algısı ve dengeyi sağlar. Optik manipülasyonla, hızlanma hareketini algılamadan sorumlu olan kulak taşına kuvvet uygulanarak, balığı hareket ettirmeden, balıkta sanki hızlanmış olduğu yönünde bir algı yaratılabilmiştir. Bu ve benzeri çalışmalar, çeşitli optik manipülasyonlara yanıt olarak beyin aktivitesini gözlemlene olanağı sağlar.



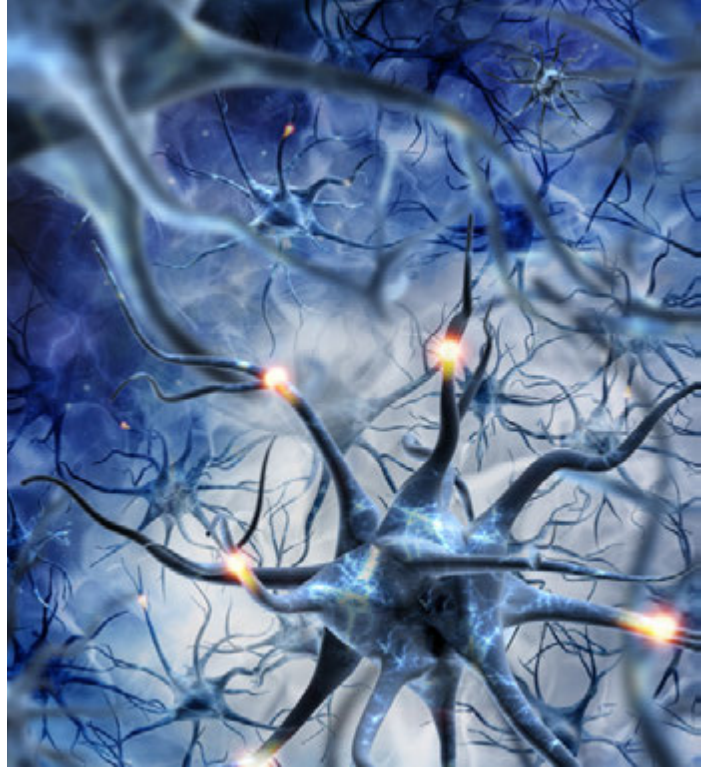
Şekil 2 – Adım atan kinesin molekülü



Zebra balığı

Optik cımbız yöntemi beyin çalışmalarının da kapsamına girmiştir. Nöron dinamikleri, büyümesi, nöron iletişimi ve nörotransmitter taşıma dinamiği gibi alanlarda edinilen bilgiler nörobilim için gelecek vaat edicidir (Şekil 3).

Optik cımbız ayrıca DNA çalışmalarında, DNA'nın yapısını, proteinlerle etkileşmesini, ipliklerin dönme hareketini, esnekliğini anlamak, kendini eşleme sırasındaki kuvvetleri hesaplamak için de kullanılabilir.



Şekil 3 – Nöron ağı



DNA molekülü

OPTİK CİMBIZLAMANIN FİZİĞİ

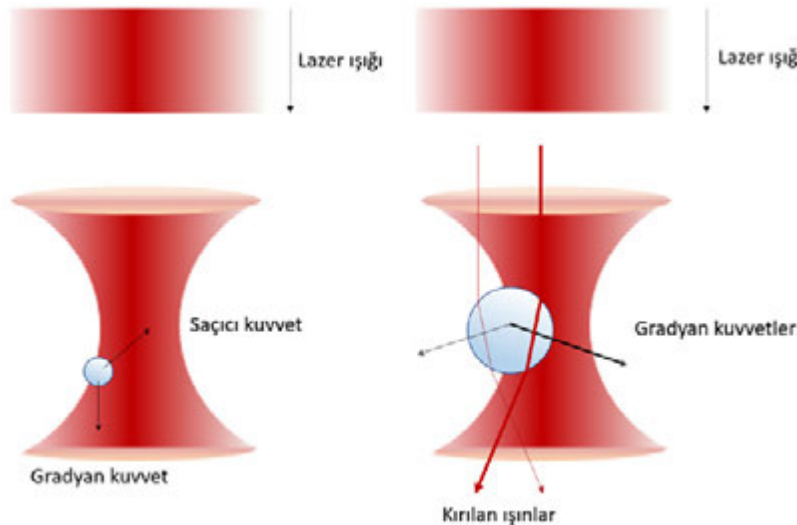
Işık hem doğrusal hem de açısal momentuma sahiptir ve cisimlerin üzerine düştüğünde onlara kuvvet veya tork (dönme kuvveti) uygular. Optik cımbızlar momentum korunumu üzerinden bu fiziksel yasayı temel alarak çalışır. Eğer fotonlar, metalden yapılmış bir aynaya düşerse, momentum korunumundan dolayı ayna üzerinde bu kuvvetin büyüklüğüne eşit ancak ters yönde bir kuvvet oluşacaktır. Bununla beraber, ışık, metal aynayı hareket ettirmiyor gibi görünse de ışık tarafından uygulanan az miktardaki kuvvet metal aynayı fark edilmeyecek kadar küçük miktarda ivmelendirecektir. Eğer bu aynayı alır, camdan yapılmış küçük bir parçacığa indirirsek, fotonlar çarptığında cam parçacık üzerinde de eşdeğer bir kuvvet söz konusu olurken, korunum gereği optik bir tuzak yaratılacaktır.

Optik cımbız uygulamalarında gönderilen ışın, yüksek sayısal açıklığa sahip bir mercekten [objektiften] geçerek odaklanır ve parçacıkla etkileşir (Şekil 4). Cımbızlama mekanizmasında, lazer ışın hüzmesi içindeki parçacığa etkiyen ana kuvvetler, saçıcı kuvvet ve gradyan kuvvet olarak adlandırılır. Saıcı kuvvet, parçacıktan yansıyan ışınlardan ileri gelir ve parçacığı, lazerin ilerleme yönüne doğru iter. Gradyan kuvvet ise parçacığı odağa çekmeye çalışır.

Parçacığın boyutuna göre iki farklı durum söz konusu olsa da burada parçacığın çapının lazerin dalga boyundan daha büyük olduğu yaygın durumu düşünelim. Bu durumda tuzaklama fenomeni ışın optiği kullanılarak açıklanabilir. Gausyen profilli bir lazer demetinde şiddet, merkezde daha fazla,

kenarlarda ise daha düşüktür. Bu demet içerisinde, demetin merkezinden bir miktar uzakta bulunan küresel bir parçacık (boncuk) olsun. Işık bu boncukla etkileşir ve kırılır. Kırılan ışığın momentumunda bir değişim meydana gelir. Ancak bu momentum değişimleri, ışık şiddetlerinin farklı olmasından dolayı boncuğun sağ ve sol taraflarında farklıdır. Newton'un üçüncü yasası gereği cisim de buna karşılık bir momentum değişimi ve dolayısıyla bir kuvvet oluşturacaktır. Işık şiddetinin daha yoğun olduğu yerdeki kuvvetin etkisi daha fazla olduğundan, boncuk net bir kuvvetin etkisi ile merkeze doğru çekilecektir. Boncuk dış kuvvetlerin etkisi altında kalıp optik tuzağın merkezinden çıkmaya çalıştıkça, sanki optik bir yaya bağılıymışçasına geri çağırıcı bir kuvvetin etkisiyle merkeze gelir. Daha önce de sözü edildiği gibi incelenmek istenen biyomolekül bu tür mikroküre boyutlu boncuklara tutturularak çalışmalar yapılır.

Lazer ışığının 1960 yılındaki icadıyla birlikte ilerleyen teknoloji ile bugün geldiğimiz noktada optik cımbız çalışmaları önemli yollar kat etmiştir. Bu kapsamda biyolojik fenomenlerin sadece ışığın etkisi ile temassız olarak araştırılması, doğrusal ve döndürme etkisi yaratan kuvvetlerin hesaplanması gibi çalışmalar çığır açıcı özellikte olmuştur. Bundan sonra da optik cımbızlama, teknolojinin ilerlemesinden fayda sağlayacak ve gücünü, derinliğini, hassasiyetini daha da artırıp, biyolojik molekülleri, hücreleri, dokuları anlamamız yönünde derin katkılar sağlayacaktır. Kim bilir, bu yöntem belki de uzak bir gelecekte nano ve mikro boyutların yanı sıra Uzay Yolu filmindeki gibi makro boyutlardaki uygulamalarla savunma sanayii gibi alanlarda da kendine yer bulur.



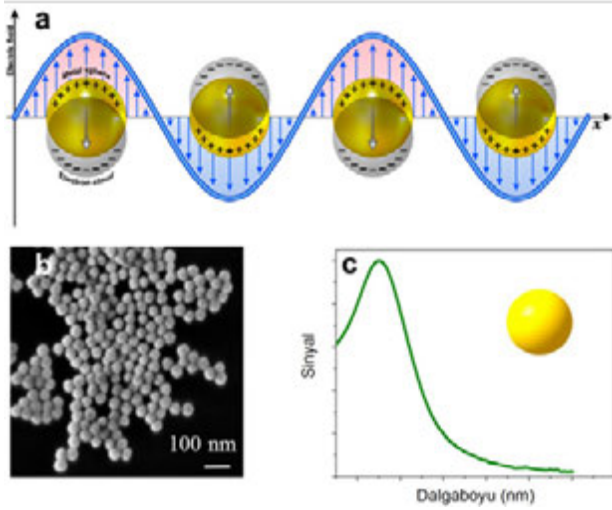
Şekil 4 – Optik cımbızlamanın fiziği. Sırasıyla ışığın dalga boyundan küçük ve büyük parçacıkların ve ilgili kuvvetlerin şematik gösterimi

PLAZMONİK NANOPARÇACIKLARIN ÖZELLİKLERİ, OPTİK TESPİT YÖNTEMLERİ VE BİYOSENSÖR UYGULAMALARI

Doç. Dr. Mustafa YORULMAZ

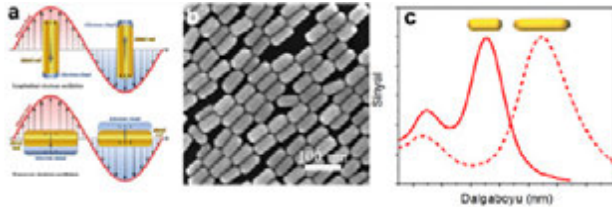


Metal nanoparçacıklar, çok elektronlu karmaşık sistemlerdir. Bir ışık kaynağı ile uyarıldıklarında, yüzeylerindeki geçiş elektronları ahenkli salınımlar gerçekleştirir. Plazmon adı verilen bu ahenkli salınımlar, parçacıklara üstün özellikler kazandırmaktadır. Örneğin altın nanoparçacıklar, plazmonik özelliği ile verimli bir şekilde ışığın soğurulmasını ve saçılmasını sağlayarak optik olarak kolaylıkla tespit imkanı oluşturur. Diğer bir deyişle plazmonik nanoparçacıklar, yüksek ve kararlı optik sinyal sağladığı için sağlık alanında mikroskopi çalışmalarında kullanılmaya uygundur. Ayrıca, söz konusu parçacıkların optik özellikleri, bulunduğu ortamdaki yerel değişimlerden



Şekil 1 -

- a)** Işık uyarısı altında küre şeklinli nanoparçacıkların geçiş elektronlarının ahenkli salınımı
b) Yaklaşık 40 nm çaplı altın küre parçacıklarının taramalı elektron mikroskopi görüntüsü
c) Küre parçacıklarından elde edilen tek pikli lokalize plazmon rezonans spektrumu



Şekil 2 - a) Işık uyarısı altında çubuk şeklinli nanoparçacıkların geçiş elektronlarının parçacığın uzun ve kısa eksen boyunca ahenkli salınımı **b)** Yaklaşık 25 nm x 60 nm en x boy ölçülerindeki altın parçacıklarının taramalı elektron mikroskopi görüntüsü **c)** Çubuk şeklinli parçacıklarından elde edilen sırasıyla kısa ve uzun eksen salınımlarına karşılık gelen iki pikli lokalize plazmon rezonans spektrumu

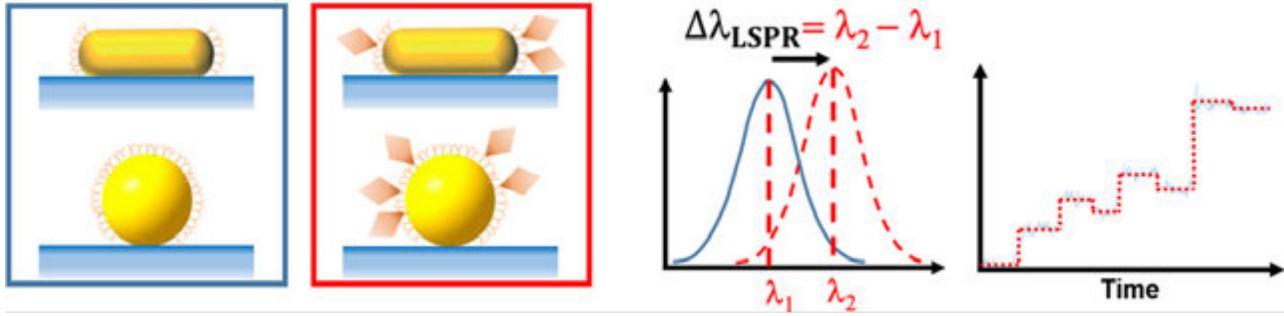
hassas bir şekilde etkilendiği için, bu fenomenin dünya çapında optik tanı uygulamalarında kullanımının yaygın olduğu görülmüştür. Temel bilim çalışmalarında kullanımlarının yanında, kanser terapisi, veri depolama, UV-radyasyon engelleyici kaplama, antibakteriyel koruma gibi günlük kullanım alanlarında da nanoparçacıklardan faydalanılmaktadır. Verilen uygulama örneklerinin sayısı her geçen gün artmaktadır. Bilimsel ve teknolojik gelişmeler, malzemenin nano boyutta gösterdiği özelliklerden faydalanmaya devam edecektir. Bunun için, malzemelerin özelliklerinin anlaşılması, kullanımlarından önceki ilk önemli adım olarak değerlendirilebilir.

Metal nanoparçacıkların dalga boyuna bağlı plazmonik rezonans spektrumu, nanoparçacığın malzeme, şekil, boyut ve içinde bulunduğu malzemenin dielektrik özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterir. Aslında bu durum elde edilen optik spektrumun istenilen şekilde tasarlanabilmesine imkân sağlar.

Örneğin, küre şeklinli altın metal nanoparçacıklarına bakıldığında, yeşil dalga boyuna karşılık gelen bölgede maksimum absorpsiyon gösterdiği gözlemlenir (Şekil 1). Bu sebeple, bu parçacıkların süspansiyonlarına bakıldığında kırmızı renkte görünür. Küre şeklinli nanoparçacıkların çapları büyüdükçe, spektrumlarda uzun dalga boyuna doğru kaymalar ve spektrum bant aralıklarında genişlemeler gözlemlenir. Buna bağlı olarak, farklı boyutlu parçacıkların süspansiyon renklerinde kırmızının farklı tonları gözlemlenir.

Şekilleri homojen olmayan nanoparçacıklar incelendiğinde, daha ilgi çekici özellikler gözlemlenebilir. Örneğin çubuk şeklinli altın nanoparçacıklara bakıldığında, serbest elektron salınımları parçacığın kısa ve uzun eksen boyunca iki farklı frekansta gerçekleşebileceği için, bu frekanslara karşılık gelen spektral bölgelerde iki rezonans gözlemlenir (Şekil 2). Bu parçacıkların özellikleri araştırıldığında, uygulama alanlarını genişleten bir şekilde, parçacıkların boy/en oranlarına bağlı olarak uzun dalga boyuna karşılık gelen spektrumun ayarlanabildiği gözlemlenir. Ayrıca asimetric şekilleri nedeniyle ölçümler polarizasyona duyarlı olarak gerçekleştirilebilmektedir. Bu sayede nanoçubuklar oryantasyon sensörü olarak da kullanılabilir.

Şekilleri çok karmaşık olmayan küre ve çubuk şeklindeki altın nanoparçacıkların soğurduğu ve saçtığı ışık miktarı, seçilen dalga boyu ve ortam için



Şekil 3 - Metal nanoparçacıkların kullanımı ile biyosensör uygulamalarının şematik gösterimi. Mavi kutudaki parçacıklar analit yakalayıcı moleküller ile donatılmış olarak gösterilmektedir. Bu yakalayıcı moleküller, ilgi duyulan analiti kırmızı kutuda gösterildiği şekilde yakaladıklarında parçacıkların spektrumlarında kayma görülür. Bu spektral kaymanın veya ilgili sinyal değişiminin ölçümü ile kantitatif bir şekilde biyo-tanı uygulaması gerçekleştirilebilir.

analitik olarak hesaplanabilmektedir. Küre şekilli parçacıklar için Mie teorisi kullanılırken, elipsoid ve küre uçlu silindirik şekilli parçacıklar için Gans teorisi ve doğrudan dipol yaklaşımı kullanılmaktadır.

Altın nanoparçacıklar, ışık ile uyarıldıklarında farklı mikroskopi yöntemleri ile ölçülebilen saçılma, absorpsiyon, lüminesans sinyali oluşturur. Literatür incelendiğinde, parçacıkların özelliklerinin incelenmesi için tek nanoparçacık seviyesinde saçılma, fototermal lens ve floresans mikroskopisi ve spektroskopisi çalışmalarının yapıldığı görülmektedir. Burada ölçümlerin tek nanoparçacık seviyesinde yapılabilmesi son yıllarda kazanılan en büyük avantajlardan biridir. Çünkü süspansiyon içerisinde gerçekleşen ve ortalama değerler veren ölçüm yöntemlerine göre, homojen olmayan dağılım içerisindeki birbirinden farklı boyut ve şekil gösteren parçacıkların özelliklerinin ayrı ayrı incelenmesi ve lokal değişimlerin optik özellik farklılıklarına olan etkisinin anlaşılabilmesi mümkün hale gelmiştir. Yığın içerisinde yapılan ölçümlerde fark edilebilmesi mümkün olmayan nadir durumlar, tek nanoparçacık seviyesinde yapılan çalışmalarda tespit edilebilmektedir ve incelenebilmektedir.

Tek plazmonik nanoparçacıkların malzeme, boyut, şekil seçimi ile plazmonik spektrumda elde edilmesi hedeflenen frekans, bant aralığı ve sinyal gücü sağlanabilir. Bunun yanında kimyasal veya litografi yöntemleri ile özel diziler halinde üretilen nanoparçacık dizileri sayesinde bir bant-geçirici optik filtre gibi davranan alttaşlar da üretilmektedir.

Üretilen ve optik özellikleri karakterize edilen tek nanoparçacıklar ve nanoparçacıkların kullanımı ile elde edilen parçacık dizileri, son yıllarda özellikle biyosensör uygulamalarında önemli bir konum elde etmiştir. Çubuk veya küre şekilli tek nanoparçacıklar antikor, DNA gibi biyolojik yakalayıcı ajanlar ile dekore edilerek, aranan patojenin yakalanması durumunda oluşan spektral değişimlerin optik olarak ölçülmesi sayesinde biyolojik tanı uygulaması gerçekleştirilebilmektedir (Şekil 3). Yüksek verimli ölçümler yapılması gerektiğinde, bu işlem diziler halinde hazırlanmış nanoparçacıkların olduğu alttaş üzerinde gerçekleştirilmektedir ve benzer yöntem ile bir optik yanıt oluşturularak tanı uygulamaları gerçekleştirilebilmektedir.

ASELSAN Araştırma Merkezinde biyolojik ve kimyasal malzemelerin tespiti için düşük maliyetli, taşınabilir sistemlerin geliştirilmesi çalışmaları yürütülmektedir. Çok kısa bir şekilde özelliklerinden, tespit yöntemlerinden ve sensör uygulamalarından bahsedilen plazmonik nanoparçacıkların kullanımlarının, tespit sistemleri ile ilgili yapılan Ar-Ge çalışmalarına katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir.



NEFER

İnsansız Silah Kulesi

ASELSAN NEFER İnsansız Kulesi, zırhlı muharebe aracı ve diğer taktik kara platformlarında temel olarak zırhlı kara hedeflerine karşı kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Gelişmiş uzaktan komuta ve gözetleme imkânı sağlayan NEFER, atış yapan personelin ortam farkındalığını artırmakta ve güvenliğini en üst seviyeye taşımaktadır.

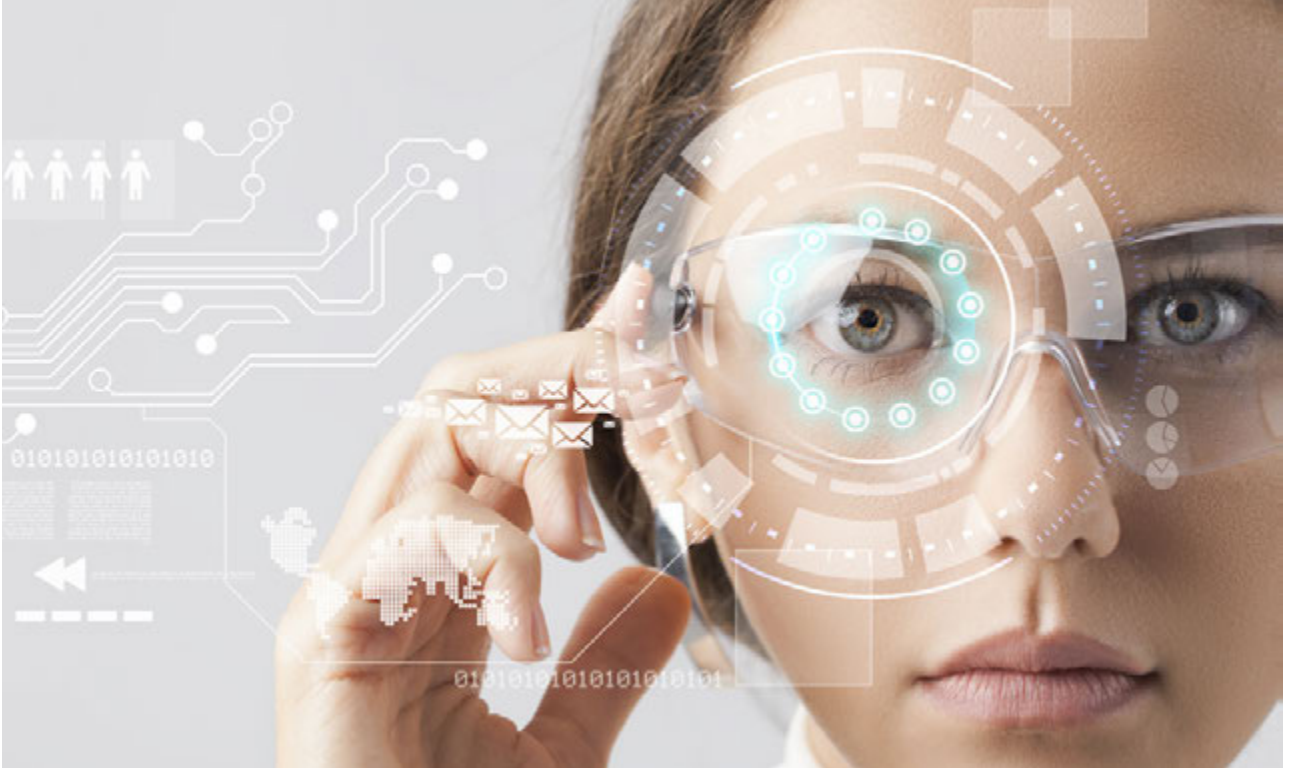
www.aselsan.com



aselsan

BİLİM KURGUDAN GERÇEĞE: GİYİLEBİLİR ELEKTRONİKLER

Alp Eren GÜROL
Mustafa BELLEK



Şekil 1 – Giyilebilir elektronik uygulamaları

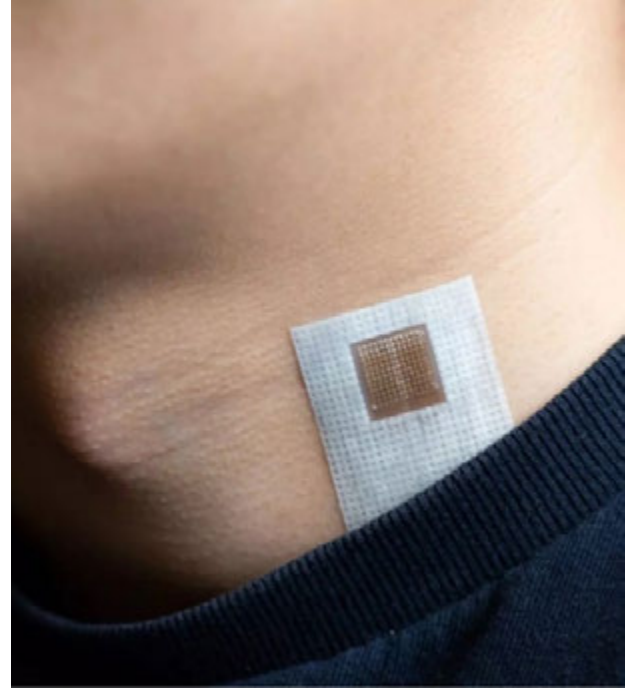
Kullanıcıya; karar verme yetisi, fiziksel duyular ve iletişim gibi alanlarda kapasite arttırıcı olarak asistanlık eden ve yetenek kazanımı sağlayan, vücuda entegre edilebilen elektronik ekipmanlar “giyilebilir elektronik” olarak tanımlanmaktadır. Metallerden başlayarak esnek elektronik uygulamalarında malzeme biliminin katkısı çok büyüktür. Fiber, 2 boyutlu [2B], piezoelektrik ve iletken polimerler gibi malzemeler, giyilebilir elektronik malzemeleri olarak kullanılmakta ve birçok uygulama için bu malzemelerin adaptasyon çalışmaları sürdürülmektedir. İlgili malzemeler ile geliştirilen elektronik cihazlar askeri, kişisel elektronik, sağlık ve enerji alanlarında kullanılmaktadır [Şekil 1].

On üçüncü yüzyılda üretilen ilk gözlükler ve on altıncı yüzyılda ilk cep saatinin yapılmasıyla başlayan giyilebilir teknolojinin asıl hikâyesi, SONY firmasının 1955’te ürettiği TR-55 transistör radyosu ile başlamıştır. Taşınması kolay, küçük bir cihaz üretme fikri bilim dünyasını o kadar derin etkilemiştir ki kendisinden daha sonra gelen iPod ve Game Boy gibi cihazların da tasarımı TR-55 temel alınarak geliştirilmiştir. Bu teknolojinin potansiyelini keşfeden mucitler kendi ürünlerini geliştirmeye başlamıştır. 1979’da Walkman piyasaya ilk çıkışını yaptığında müzik dünyasında bir devrim olarak nitelendirilmiş, 200 milyondan fazla satarak 80’lere damgasını vurmuştur. 1987’de ilk işitme cihazları ürettiğinde giyilebilir teknolojinin sağlık sektöründeki

potansiyelini insanlar fark etmeye başlamıştır. 80'li yıllarda mikroçip üretimi hızla artınca giyilebilir bilgisayarların babası da denilen Steve Mann, görüntü kaydederken görüntüleri göze de yansıtabilen EyeTap cihazını geliştirmeyi başarmıştır. EyeTap günümüzdeki Google Glass gibi ürünlerin ilk atası sayılmaktadır.

Giyilebilir elektronik cihazlar; koruyucu tıp, hastalık teşhisi, rehabilitasyon tedavisi için çok önemli olan insan fizyolojik bilgilerinin ölçülmesi, nicelleştirilmesi ve günlük sağlık değerlendirmesi konularında önemli ölçüde ilgi odağı haline gelmiştir. Genç veya yaşlı fark etmeksizin bireyler, kişisel sağlık durumlarına daha fazla ilgi göstermekte ve bu da çeşitli tıbbi izleme cihazlarına yönelik büyük taleple sonuçlanmaktadır. Bununla birlikte geleneksel ürünler çoğunlukla deri bağlantısı için zayıf biyolojik uyumluluk veya sert altlık özellik gösteren organik ve silikon malzemelere dayalı olarak üretilmektedir. Günümüzdeki çalışmalarda birçok araştırmacı konsantrasyonlarını yüksek esnekliğe, hafifliğe, yüksek performansa ve çok işlevli giyilebilir elektroniklere; dolayısıyla bu özelliklere imkân sağlayacak malzemelerin geliştirilmesine odaklanmaktadır. Bu özellikler, elektromiyografi (EMG), elektrokardiyografi (EKG), elektrookülografi (EOG) ve elektroensefalografi (EEG), mekanik sinyaller dahil olmak üzere çeşitli elektrogramların kesin olarak tespit edilmesini sağlayabilmekte ve insan sıvılarında üretilen biyosinyaller, yaşamsal belirtiler ve aktiviteler için etkili göstergeler olabilmektedir.

Son yıllarda tekstil bazlı, dövme, yama veya kontak lens gibi sensör yapılarına olan ilgi hızla artmaktadır. Bu alanda ticari ürünler literatür araştırmaları ile çeşitlenmekte, akademide geliştirilen konseptler büyük umutlar vadetmektedir. Prof. Dr. Sheng Xu liderliğindeki ekip tarafından California San Diego Üniversitesi'nde geliştirilen cilt yaması, kullanıcısının vücuduna ultrason darbeleri göndererek çeşitli sinyaller toplamaktadır. Eko frekansının kan hücrelerinin akış hızından nasıl etkilendiği analiz edilerek, kullanıcının kan basıncını ve kalp fonksiyonlarını sürekli, gerçek zamanlı olarak izlemek bu yama ile mümkün olmaktadır. Bu bilgiler kardiyovasküler problemlerin oluşmaya başlayıp başlamadığını belirlemek için kullanılmakta ve erken uyarı sistemi oluşturulmaktadır. Yama esnek giyilebilir bir polimer tabakasından oluşmakta ve 12 mm x 12 mm boyutunda ultrason dönüştürücüsü içermektedir (Şekil 2). Çalışması için bilgisayar ve güç kaynağı gerektiren, erken uyarı sistemi olarak kullanılan bu tasarımın, ileride kablosuz olarak geliştirilmesinin planlandığı açıklanmıştır. Bu açıdan,



Şekil 2 – Giyilebilir yama şeklindeki sensör yapısı

güç kaynağı ve kablolu bir bağlantı içermeyecek bir sistemin tasarlanmasının kullanıcılara büyük kolaylık sağlaması beklenmektedir.

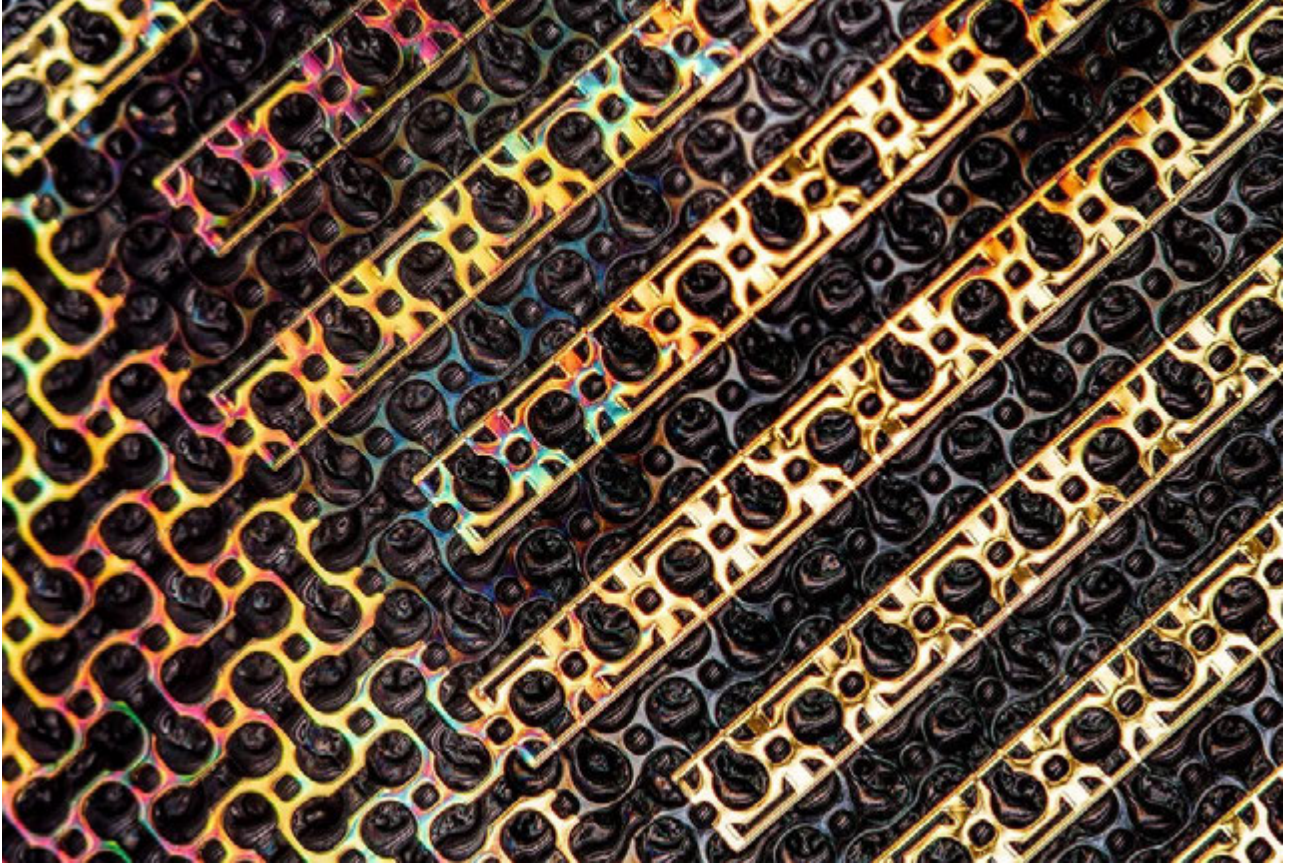
Grafenin keşfedildiği 2004 yılından bugüne kadar 2 boyutlu (2B) malzemelerin kullanımı birçok sektörde hızla artmıştır. Sensör yapılarında, dövme veya yama tipi elektrot tasarımlarında, antenlerde ve nanokompozit yapıların geliştirilmesinde bu malzemeler kullanılabilir. Atomik kalınlıkları sayesinde 2B malzemeler yüksek şeffaflık, esneklik, biyouyumluluk ve yüksek seçicilik gibi olağanüstü fiziksel ve kimyasal özellikler göstermektedir. Elektromekanik özellikleri; elektrogram, yaşamsal belirtiler ve aktivitelerin tespiti için 2B malzemeleri uygun adaylar haline getirmektedir. Bu avantajlar, enerji, çevre ve biyoloji açısından uygulamalarını geniş ölçüde artırmaktadır. Örneğin grafen, lityum iyon pillerin tersine çevrilebilir kapasitesini ve döngüsel performansını artırabilmekte, molibden disülfid (MoS_2) ise yüksek hassasiyette amonyak (NH_3) tespiti için kullanılabilir. 2B malzemeler giyilebilir elektronik ürünlerin ve tasarımların geliştirilmesinde, çeşitli insan fizyolojik sinyallerinin tespiti ve izlenmesinde umut verici bir potansiyel sergilemekte ve bu da yüksek performanslı giyilebilir elektronik cihazlar için çok sayıda araştırmacının yapılmasını teşvik etmektedir.



Şekil 3 – Google ve Novartis şirketlerinin geliştirdiği kontak lens yapısı

İnsan görüşünü düzenlemek ve geliştirmek fikri, 1508 yılına kadar uzanmakta ve Leonardo Da Vinci'nin bu konuda çalışmaları olduğu bilinmektedir. İlk tasarımdan günümüze, 2014 yılında Google ve Novartis iş birliği ile geliştirilen, kontak lens ile gözyaşı sıvısından glukoz tespiti ve sürekli takibi hedeflenmiş, araştırmalar bu konuda yoğunlaştırılmıştır (Şekil 3). Bir kamera ile donatılmış lens fikri ile kullanıcının kendi görüş alanını yansıtabilen bir tasarım, Samsung ve Sony gibi diğer pazar liderleri tarafından da araştırılmaktadır. Hong ve arkadaşları bu çalışmaya benzer olarak İsviçre Federal Teknoloji Enstitüsü'nde (ETH Zürich), grafeni yumuşak bir kontak lens altlığı üzerinde çok işlevli bir film malzemesi olarak kullanarak grafen bazlı akıllı kontak lens geliştirmiştir. İnce devre yapısına sahip, gelişmiş elektriksel özellikler, mekanik kararlılık ve şeffaflık elde etmeyi amaçlamışlardır. İlerleyen yıllarda bu tasarımın farklı uygulamalar ve farklı bakış açılarıyla insan görüşü özelliklerini etkileyeceği ve Da Vinci'nin yaklaşık altı yüz yıl önce belki de hayalini kurduğu şeylerin gerçek olacağı, çok yüksek bir ihtimal olarak değerlendirilmektedir.

Nanoteknolojinin son on yılda hızla gelişmesi, elektronik cihazların minyatürleşme sürecini hızlandırmıştır. Artık, tipik olarak ellinin üzerinde bir en-boy oranına ve ~1 ile 50 mikron aralığında bir kalınlık/çapa sahip olan bir fiberin yüzeyinde veya içinde elektronik işlevler oluşturmak bilimsel olarak kanıtlanmış ve teknik olarak mümkün bir yöntemdir. İyi kurulmuş ve uygun maliyetli tekstil üretim süreçleri sayesinde bu lifler ayrıca bir, iki ve üç boyutlu lif düzeneklerine de dönüştürülmektedir. Son yıllarda yaşanan bu gelişmeler ile birlikte, elektronik veya fotonik işlevselliğe sahip lifler veya lif düzenekleri, farklı esnek elektronik uygulamalar için ideal adaylar olarak nitelendirilmektedir. Fiber bazlı esnek elektrotlar, esnek devreler, bilgisayarlar/ işlemciler, deri tipi basınç sensörleri, radyo frekansı tanımlama etiketleri insan vücuduna entegre edilebilen farklı tür cihazlar için sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca iletken polimerler; esnek yapıları, biyouyumlulukları, elektriksel ve optik özellikleri ile fiberler ile birlikte veya ayrı olarak matris malzemesi olarak kullanılabilir. Polianilin (PANI), polipirol (PP), polidimetilsiloksan (PDMS) ve poli [3,4-etilendioksitiyofen] (PEDOT) polimerleri bu



Şekil 4 – E-deri adı verilen Poliimit-Altın-Polidimetilsiloksan malzemeleriyle geliştirilen sensör yapısı

uygulamalar için ön plana çıkmaktadır. Bu polimerler karbon, karbon nanotüp, metal tozları ve alaşımları ile katkılanarak, elektriksel ve mekanik özellikleri geliştirilmektedir. Polimerik malzemelerin kullanıldığı geniş alanlı tekstil yüzeyleri, elektronik sistemler entegre edebilmeye olanak sağlamakta ve mekanik stabiliteleri fiberler ile desteklenmektedir.

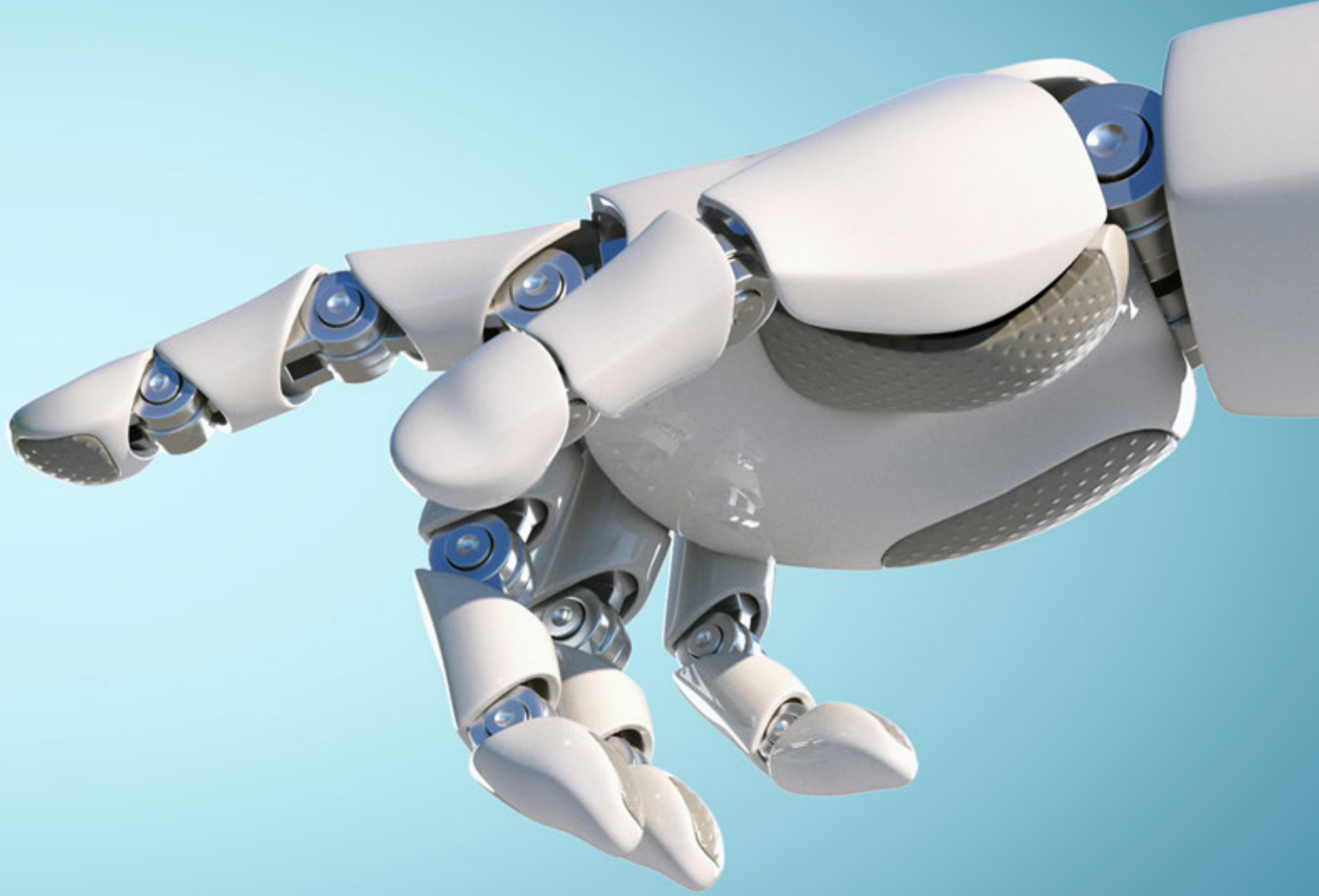
Malzeme biliminin sunduğu imkânlar ve sensör teknolojileri ile Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde (MIT) yürütülen bir çalışmada polidimetilsiloksan (PDMS), poliimit (PI) ve altın (Au) yapıları kullanarak elektronik deri geliştirilmiştir. Yapılan çalışmada ter birikmesinin sensörde gürültü oluşturmasının önüne geçilmek istenmiş, gerçek deri taklit edilerek hava ve nem geçirgenliği, gözenek genişliği 100 mikron seviyesinde optimize edilerek sağlanmıştır. Simülasyonlar yardımı ile gözenek dağılımı ve performansını test eden bilim insanları sıcaklık, nem, ultraviyole (UV) maruziyeti ve nabız takibi için sensör dizininin etkili bir biçimde çalıştığını kanıtlamışlardır. Geliştirilen sensör yapısı ile fiziksel aktivite ve yeme-içme sırasında ölçümler alınmış, sonuçların tutarlı olduğu görülmüştür

(Şekil 4). İlgi çekici ve etkileyici bir tasarıma sahip sistemin büyük bir potansiyele sahip olduğu, günlük hayatta kullanılmasının nasıl bir etkiye sahip olacağı düşünülmeli gereken konular arasındadır.

Bilim ve teknoloji dünyasında birçok sektörde ihtiyaç duyulan, kullanılmaları ile birlikte büyük kolaylıklar sağlayan giyilebilir elektronik cihazlar için geliştirilen/sentezlenen malzeme çok önemlidir. Yukarıda verilen örneklerden anlaşılacağı üzere, çeşitli malzeme grupları farklı özellikleri ile bu uygulamalarda ön plana çıkmaktadır. Sivil kullanımda sağlık takibi, navigasyon, görüş iyileştirme; askeri alanda anten, duygu durum kontrolü, erken uyarı sistemleri gibi uygulamaları bulunan giyilebilir elektronikler, akademik ve endüstriyel anlamda dikkat çekmektedir. Esnek yapıların tekstil veya deri üzerinde kullanılabilmesi, birçok sektörde, farklı amaçlar için uygulama alanının bulunması günümüzde olduğu gibi gelecekte de giyilebilir elektronik uygulamalarına olan ilginin devam edeceğini göstermektedir. Bu anlamda yapılacak malzeme ve uygulama tabanlı çalışmaların gelecek yıllarda hızla ivmeleneceği öngörülmektedir.



BİYOMİMETİK: TAKLİT Mİ? İNOVASYON MU?



Milyarlarca yıllık evrim ve doğal seçim sayesinde biyolojik sistemler, çevrelerindeki değişikliklere yanıt verme ve bunlara uyum sağlamada maksimum performans elde etmek için karmaşık organize yapılar hiyerarşisini oluşturmuştur. Charles Darwin, 1862 tarihli *"On the Various Contrivances by Which British and Foreign Orchids are Fertilised by Insects: and on the Good Effects of Intercrossing"* isimli kitabında bu büyüleyici hiyerarşi için şunları yazmıştır: *"Doğayı ne kadar çok incelersem, birçok yönden karmaşık ve sürekli değişen yaşam koşulları karşısında organizmanın kendini korumak amacıyla geliştirmiş olduğu varyasyonlardan o kadar çok etkileniyorum. Doğanın bu etkileyici gücü, hiç şüphesiz ki insanoğlunun hayal gücünün keşfedebileceği icatları ve uyarlamaları eşsiz bir şekilde aşmaktadır."*

Darwin her ne kadar yukarıdaki sözleriyle insanın hayal gücünün doğa karşısında yetersiz kaldığını savunmuş olsa da doğadaki süregelen bu muhteşem hiyerarşiyi taklit etme çabası insanoğluna varoluş mücadelesi boyunca ilham vermiş ve vermeye de devam etmektedir. Öyle ki, ilk insanların avlanmak için tasarladıkları hayvan dişine benzer keskin taşlar, insanoğlunun varoluşundan itibaren sürekli olarak doğayı gözlemlediğinin ve taklit ettiğinin en eski kanıtıdır.



Dulavratotu ve Velcro Bandı



Leonardo Da Vinci'nin tasarladığı uçuş düzeneği

Doğayı gözlemlene ve taklit etme çabası, insanoğlunun gelişim sürecine paralel olarak zaman içerisinde değişim göstermiştir. Başlangıçta yalnızca hayatta kalabilme dürtüsü sebebiyle sürdürülen bu çaba, daha sonraları yerini doğaya özenmeye ve onun gibi olabilme çabasına bırakmıştır. İnsanoğlunun bir erdem olarak gördüğü "kuşlar gibi uçabilmek" düşüncesi bu konudaki en belirgin örneklerden biridir. İsmail Cevheri, Abbas İbn Firnas, Leonardo da Vinci, Sir George Cayley, Wright Kardeşler ve Hezafen Ahmet Çelebi gibi farklı yüzyıllarda farklı coğrafyalarda yaşamış bilim insanlarının ve filozofların kuşların anatomik yapısını göz önüne alarak tasarlamış oldukları uçuş düzenekleri o dönemlerde *"kuşlar gibi özgür olabilme"* hayalinin temsili çalışmaları olsa da aslında günümüzün uçak teknolojisinin temellerini oluşturmuştur.

Doğanın gözlemlenmesi ve taklit edilme düşüncesi insanlık tarihi kadar eski olsa da bir bilim dalı olarak tanınması aksine bir o kadar yenidir. 1940 yılında İsviçreli bir elektrik mühendisi olan George de Mestral, köpeği ile birlikte Alp Dağları'nda yürüyüş yaptığı sırada dikenli bir bitki olan dulavrat otu bitkisinin köpeğinin



Gecko kertenkelesinin ayağı



Güve böceğinin gözü

tüylerine ve kendisinin pantolonuna yapıştığını ve bu bitkinin kıyafetlerinden ve köpeğinin üzerinden oldukça zor bir şekilde ayrıldığını fark etmiştir. Bu fark etme sayesinde George de Mestral, giyim endüstrisinin vazgeçilmezlerinden biri olan ve yerel dilde cırt cırtl bant olarak tabir edilen, “Velcro Bandı’nı” icat etmeyi başarmıştır. Velcro bandının icadı doğayı taklit etme düşüncesini; doğaya özenme/doğa gibi olabilme hayalinden çıkararak güncel sorunlara inovatif [yenilikçi] çözümler üretme boyutuna geçirmiştir. 1969 yılına gelindiğinde ise, Amerikalı mühendis ve biyofizikçi Otto H. Schmitt, Yunanca bios (doğa) ve mimesis (taklit) sözcüklerinden türetilmiş olan “biyomimetik” terimini ortaya atarak doğanın taklit edilme fikrini düşünceden çıkarmış ve bir bilim dalı haline gelmesini sağlamıştır. Schmitt biyomimetliği şu şekilde tanımlamaktadır: *“Tersine mühendislik yoluyla, canlıların yapılarını ve işleyişlerini yenilikçi [inovatif] ürünler ve teknolojiler üretmek üzere incelemek.”*

Doğanın sunduğu eşsiz olanakların değerlendirildiği biyomimetik, günümüzde giderek bilim, mühendislik ve tasarım alanlarının vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiştir. Hızla gelişen robot teknolojisi biyomimetik biliminin yoğun olarak kullanıldığı teknoloji alanlarının başında gelmektedir. Robotik teknolojide bilim insanları, insanlar ve hayvanlar âleminin hareket kabiliyetlerini kopyalayarak etkileyici sonuçlar elde etmeyi başarmıştır. Ayrıca, son on yıldır bu teknolojide insanlar ve hayvanların dışında bitkilerin de esinlenme kaynağı olarak kullanıldığını görülmektedir. Özellikle bitkilerin sürekli büyüme ile değişen dinamik ve ortam koşulları karşısında gösterdikleri uyum, yapılandırılmamış ortam zorlukları ile başa çıkabilme becerileri bitkileri, robotik teknolojide bitkileri ideal birer aday haline getirmiştir.

Canlı organizmaların hareket kabiliyetlerinin dışında sahip oldukları diğer pek çok özellik de biyomimetik bilimine araştırma konusu olmuştur. Örneğin; bitkilerin ve hayvanların yüzey özelliklerinden esinlenerek geliştirilen fonksiyonel malzemeler farklı kullanım

alanlarında sıkça karşımıza çıkmaktadır. Gecko kertenkelesinin ayaklarında bulunan güçlü bir yapışma sisteminden yola çıkılarak tasarlanan koşu ayakkabıları, köpek balığının derisinden esinlenerek tasarlanan yüzücü giysileri ile nilüfer çiçeği yüzeyinin sahip olduğu su itici özelliğin taklidi ile ortaya çıkan kir tutmayan yüzey tasarımları bu alanda bilinen en yaygın örneklerdir. Hareket ve yüzey özellikleri dışında farklı böcek türleri ve hayvanların göz yapıları, biyomimetik bilimine konu olan bir başka araştırma konusudur. Bu alanda sürdürülen çalışmalar, özellikle askeri uygulama alanlarında karşımıza çıkmaktadır. Güve ve kelebeklerin düşük ışık şartlarında dahi keskin görüş sağlayan göz korneaları, gece görüş kamera sistemlerinin tasarımına ilham kaynağı olurken; penguen gözlerinden ilham alınarak tasarlanan turuncu renkli güneş gözlükleri, pilotlara ve denizcilere parlak ışık, pus ve siste daha net bir görüş olanağı sağlamaktadır.

Biyomimetik biliminin yaygın etkilerinin görüldüğü bir başka alan ise hiç şüphesiz ki mimaridir. Biyomimetik tasarım prensipleri; yapısal verimlilik, su verimliliği, sıfır atık ve enerji temini gibi pek çok konuda geleceğin *akıllı şehirlerine* inovatif çözümler sunmaktadır.

İnsanoğlunun hayatta kalma içgüdüğü ile başlayıp sonrasında doğa gibi olabilme hayali ile şekillenen ve en sonunda teknoloji ve tasarımda inovatif ürünlerin geliştirmesi ile devam eden biyomimetik; temel iş sorunlarına düşük maliyetli yaratıcı, fonksiyonel çözümlerin ortaya çıkarılması noktasında farkındalık yaratmaktadır. Bu nedenle, pek çok gelişmiş ve gelişmekte olan ülke biyomimetik bilimine ve tasarım anlayışına giderek daha çok önem vermektedir. Bu bağlamda, ülkemizin küresel boyutta rekabet edebilme gücünü artırabilecek yerli ve inovatif teknoloji ürünlerinin geliştirilmesi ve bu yolla teknoloji ihracat kapasitesinin artırılması, biyomimetik biliminin ve tasarım anlayışının daha fazla benimsendiği bir teknoloji anlayışı ile mümkündür.

GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE: KARBON

Dr. Mehmet IŞIK
Dr. Merve YAŞACAN



Periyodik tablonun on dördüncü grubunda yer alan, atomik numarası altı olan ve C harfiyle sembolize edilen karbon, antik çağlardan beri insanlar tarafından bilinen ender elementlerdendir. Karbon kelimesi Latince Carbo kelimesinden türetilmiş olup kömür anlamına gelmektedir. Yaşamın temelini oluşturan ve dünya kabuğunda en çok bulunan on beşinci element olan karbon, kütle olarak ele alındığında evrende hidrojen, helyum ve oksijenden sonra en çok bulunan dördüncü elementtir.

Karbon dev yıldızların çekirdeklerinde üçlü alfa olarak adlandırılan bir süreç sonucunda oluşmuştur. Yıldızların yapılarında bulunan hidrojen atomunun tükenmesiyle birlikte yıldızda meydana gelen küçülmeyle çekirdek sıcaklıkları 100 milyon santigrat değerlerine ulaşır. Bu da karbon oluşumu için gerekli koşulların sağlanmasına neden olur. Güneşin çekirdek sıcaklığının yaklaşık altı katına tekabül eden bu sıcaklıklarda iki helyum atomunun füzyonu sonucu oluşan berilyum başka bir helyum atomuyla

birleşerek karbon atomunu meydana getirir. Üç tane helyum atomunun dâhil olduğu bu süreç üçlü alfa süreci olarak adlandırılmıştır. Bu dev yıldızların ömürlerini tamamlayıp süpernova adı verilen patlamalarla yok olmalarıyla birlikte çekirdeklerinde bulunan karbon toz olarak uzaya dağılmaktadır. Uzaya dağılan bu toz birleşerek gezegenleri oluşturur ve farklı yıldız sistemlerinin oluşum süreçlerinde kritik rol oynar. İçinde bulunduğumuz güneş sistemi de bu yıldız sistemlerinden birisidir ve karbon, canlılığın oluşumunda temel bileşen olmuştur.

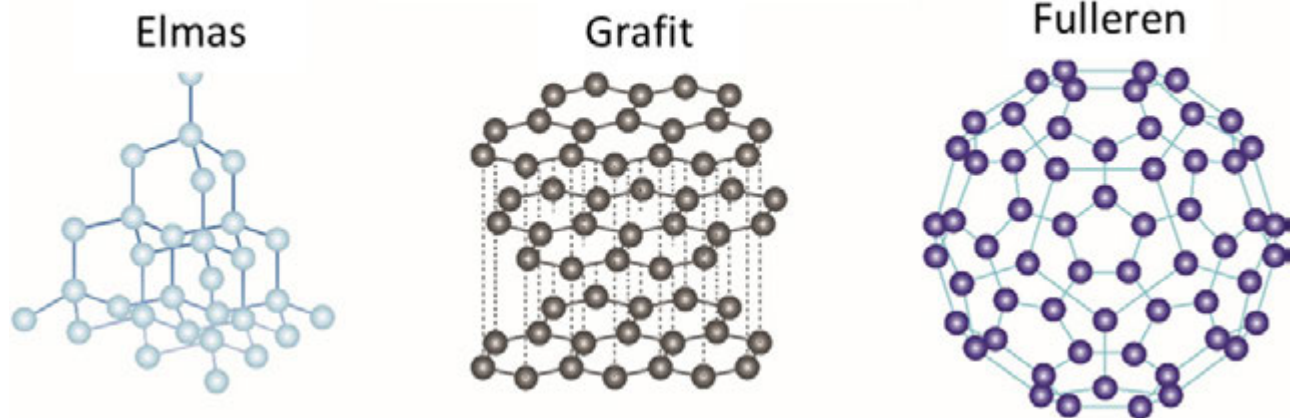
Karbonun insanlar arasında en bilinen formu olan kömür, yeryüzünde milyonlarca yıl önce oluşmuştur. Genel olarak kömür denilince siyah taş görünümüne sahip formlar akla gelse de kömürün de pek çok farklı türü bulunmaktadır. Kömürün kendi içerisinde farklı türlere ayrışmasındaki en önemli etmen sahip olduğu karbon miktarıdır. Karbon miktarının yüzde 50 ile yüzde 60 arasında değişim gösterdiği kömür oluşumları turba ya da torf olarak isimlendirilir. Karbon, miktarının düşüklüğü nedeniyle düşük nem altında yakılabilir özelliktedir. İçindeki karbon miktarının yüzde 70'ler civarında olduğu kömür formlarına ise linyit adı verilmektedir. Karbon miktarının görece olarak düşük olması nedeniyle ısınma amaçlı kullanımı verimli değildir ve yüksek derecede hava kirliliğine sebep olmaktadır. Bu nedenle daha çok termik santrallerde elektrik üretimi için yakıt olarak kullanılmaktadır. Daha uygun koşullarda daha verimli bir yanma gerçekleştiğinden ve baca gazı filtreleme gibi teknolojilerin kullanılabilirliğinden dolayı bu alanda daha uygun

bir şekilde kullanılabilmektedir. Ülkemizde de çıkarılan kömürün yüksek miktarı bu türdendir. Karbon miktarının yüzde 90'a kadar ulaştığı kömür türlerine ise taş kömürü adı verilir. İçinde bulunan karbon miktarı yüksek olduğu için daha verimli bir şekilde yanma performansı göstermektedir. Karbon miktarının yüzde 92 ile yüzde 98 arasında değiştiği kömürün en değerli formuna ise antrasit ismi verilir. Kömürün bu formu enerji ve demir çelik endüstrisinde ağırlıklı olarak kullanılmaktadır.

Karbon atomlarının uzayda konumlanmalarındaki farklılıklar, birbirlerinden çok farklı fiziksel özellikte karbon formu oluşmasını sağlamaktadır. Düzenli ve periyodik olarak kendini tekrar eden örgülerle bağlandığı Şekil 1'de çizimleri gösterilen bu kristal yapılara C atomunun allotropları denir. Grafit ve elmas ilk çağlardan beri iyi bilinen allotroplardır. Karbonun hekzagonal kristal kafes yapısında bulunduğu form olan grafitte, karbon atomları en yakın üç komşusuna 120 derecelik açılarla sp² hibritleşmesi yaparak bağlanırlar ve katmanlı bir halde istiflenirler. Bu formda katmanlar üzerinde bulunan hareketli elektronlar elektriksel iletken özellik göstermesine neden olur.

Grafitte karbon atomlarının birbirleriyle olan bağları güçlü olmasına karşın, katmanlar birbirlerine zayıf bağlarla bağlıdır. Bu nedenle katmanlar kolaylıkla birbirleri üzerinden kayarak farklı yüzeylere depozit edilebilir. Bu nedenle de Şekil 2a'da görüleceği üzere grafitin kalem ucu olarak kullanımı yaygındır.

Karbonun allotropları



Şekil 1 – Karbon atomunun farklı kristal yapılarında birbirlerine bağlandığı formlarına örnekler



Şekil 2

a) İnsanlar arasında kurşun kalem olarak bilinen kalemde yazmak için grafit kullanılmaktadır
b) Şekil verilmiş elmas

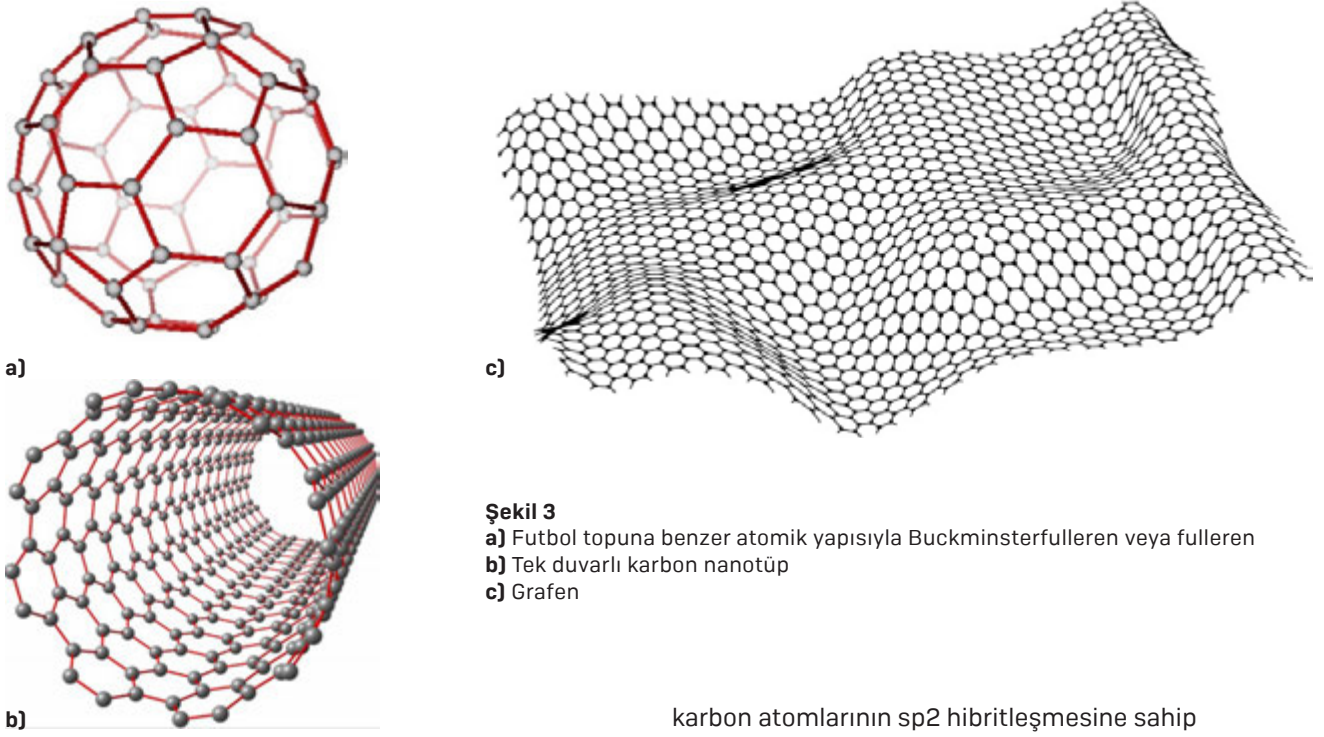
Grafitin çok yüksek basınç ve sıcaklığa maruz kalmasıyla karbonun en değerli formu olan elmas oluşur. Elmas tetragonal yapıda olup karbon atomu en yakınındaki dört ayrı karbona 109,5 derecelik açı ile bağlı olarak sp^3 hibritleşmesi yapar. Üç boyutlu ağ formundaki elmas yapısında elektronlar yapı içinde hareket edemez. Böylece elmas, grafitin aksine elektriksel iletkenliği olmayan bir malzeme olarak karşımıza çıkar. Aynı zamanda, bu güçlü dört yüzlü yapı nedeniyle elmas bilinen en sert malzemedir. Bu sebeple kesme ve parlatma gibi endüstriyel uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Sentetik elmas yüksek basınç–yüksek sıcaklık tekniği adı verilen bir prosesle endüstriyel olarak üretilmektedir.

NANOKARBON ÇAĞI

Peki, evrenin her yerinde bulunan yıldız tozu, gezegenimizin kaya katmanlarında, fosillerde, çok farklı formlarda bulunan bu değerli madde 21. yüzyıla gelindiğinde ne oluyor da ödüle doyamıyor? 1959 yılına geldiğimizde, Amerika Fizik Topluluğu'nun (APS) her sene düzenli olarak gerçekleştirdiği toplantısında, ünlü fizikçi Richard Feynman nanoteknolojinin temeline atıfta bulunarak "There's Plenty of Room at the Bottom" başlıklı konuşmasında ilk defa nano boyuta dikkat çekmiştir. 1959'dan 1985'e gelene kadar bu vizyoner bakışın ne anlama geldiğinin çok üzerinde durulmamış, bir elin parmaklarını geçmeyecek sayıda yaklaşımlarda bulunulmuştur. 1985'te karbonun bir diğer allotropu

olan nanokarbon aile üyesi Buckminsterfulleren ya da kısaca fullerene keşfedilmiştir. Fullerenlerin keşfi ile nano malzeme dünyasının kapıları aralanmaya başlanır. Fullerenler 60 adet karbon atomunun bir araya gelmesiyle oluşur ve bu nedenle C_{60} olarak sembolize edilir. Robert Curl, Harold Kroto ve Richard Smalley tarafından yapılan deneyde lazer buharlaştırma yöntemi kullanılarak grafit yüzeyinden karbon atomu buharlaştırılmış ve yüksek yoğunluklu helyum gazı içerisinde geçirilip soğutularak karbon kümelenmelerinin oluşturulması sağlanmıştır. Oluşan kümelenmelerin incelenmesi sonucu C_{60} formunun çoğunlukta olduğunu bulmuşlardır. C_{60} 'ın kafesli bir yapıya ve yaklaşık 1,1 nm'lik (1 metrenin milyarda biri) çapa sahip olduğunu fark edene kadar, birçok yapı önerisinde bulunan ekip; ünlü Amerikalı mimar Buckminster Fuller'in tasarladığı jeodezik kubbelerden ve Smalley'in çalışmalar esnasında buruşturduğu kâğıt bir toptan esinlenmiştir. En nihayetinde on iki adet beşgen ve yirmi adet altıgenden oluşan futbol topu yapısında olduğunu keşfetmişlerdir. Bu sebeple Şekil 3a'da görülen sp^2 hibritli bu kafes yapıya Buckminsterfulleren ismi verilmiştir. Bu yapıyı keşfeden araştırmacılar Kroto, Curl ve Smalley 1996 yılında Nobel Kimya Ödülü'ne layık görülmüştür.

1991 yılına gelindiğinde, fullerenlerle ilgili deneyler akademik camiada yaygınlaşmış, organik süperiletkenler arasında rapor edilen en yüksek süperiletken kritik sıcaklığa sahip ilk fullerene süperiletken malzeme [$C_{54}C_{60}$] keşfedilmiştir.



Şekil 3

- a) Futbol topuna benzer atomik yapıyla Buckminsterfulleren veya fullerene
b) Tek duvarlı karbon nanotüp
c) Grafen

Diğer bir taraftan yine aynı yıl içinde Japon araştırmacı Sumio Iijima, fullerene ile ilgili çalışmalar yürütmüştür. Iijima bu molekülün esnetilmiş bir şekli olan karbon nanotüpleri keşfederek, elektron mikroskobuyla görüntülemeyi başarmıştır. Karbon nanotüpler, yine altıgen kristal örgü içerisinde konumlanan sp^2 hibritli karbon atomlarından oluşmaktadır. Tek duvarlı boru şeklindeki karbon nanotüplerden başka olarak iç içe geçmiş birden fazla duvar sayısına sahip çok duvarlı karbon nanotüpler üzerine aynı yıl Nature'da çok duvarlı karbon nanotüplerin keşfine yönelik mihenk taşı olan bir makale yayınlanmıştır. Böylece karbon nanotüpler, nanoteknolojinin sahne ışıkları altında parlamaya başlamıştır.

2004 yılında ise, Manchester Üniversitesi araştırmacılarından Kostya Novoselov ve Andre Geim isimli bilim insanları basit bir selobant ile grafit tabakalarından tek tabaka grafiti ayırarak, özelliklerine bakmışlardır. Bu sayede bir diğer nanokarbon ailesi üyesi olan tek atom kalınlığındaki Şekil 3c'de görülen grafen keşfedilmiştir. Bu iki Rus asıllı bilim insanı grafen üzerinde bulunan elektronların -en basit haliyle tanımlayacak olursak- kütsüz ve ışık hızına yakın parçacıklar gibi hareket ettiğini göstermişlerdir. Peki, bu parçacıklar nereye dikkati çekip, neden bu kadar heyecan uyandırmışlardır? Yine altıgen köşelerine oturan

karbon atomlarının sp^2 hibritleşmesine sahip orbitallerindeki elektronlar A4 kâğıdı gibi düzlemsel olarak düşünebileceğimiz iki boyutlu bir sistem içerisinde hareket ederler. Bu elektronik yapı çok hızlı aygıtlar, transistörler vb. cihazlar yapabileceğimiz anlamına gelip, mevcut teknolojilerin daha hızlı, daha etkin bir şekilde ileriye taşınmasını sağlar. İşte bu hareket sayesinde bant aralığı mühendisliğine açık, tek tabakalı yapıda, şeffaf, esnek olması sebebiyle grafen; elektronik/optoelektronik, nanokompozitler ve enerjiye yönelik çok yönlü uygulamalarda çığır açan bir teknolojiyi işaret ettiğinden 2010 yılında Kostya Novoselov ve Andre Geim'e Nobel Fizik Ödülü'nü aldırıştır.

Keşfedilen ilk iki boyutlu malzeme olan grafen ile buzdağının zirvesinin gözüktüğü ve bununla ayrı bir nanoteknoloji kırımını başlattığını söylemek doğru olacaktır. Bir kömür tanesi ile başlayan bu hikâye, günümüzde başka iki boyutlu malzeme(ler) keşfedebilir mi sorusuyla gözlerimizi periyodik cetvele çevirmemize sebep olmaktadır. Karbon atomunun periyodik tabloda hemen iki yanında yer alan B ve N atomları ile tek atom kalınlığında h-BN sentezlenmiş, ardından C'nun altında bulunan aynı grup elementlerinden silisen, germanyen, stanen keşfedilmiştir. Sahne, geçiş metal dikalkojenidleri ve M-Xene'ler ile giderek kalabalıklaşmaktadır. Tüm bu malzemeler yalıtıcıdan süperiletkenine değişen bant yapısına sahip, farklı mekanik, optik özellikler sergilemektedir. Görüldüğü gibi iki boyutlu malzemeler nanoteknolojinin odağına oturmuş vaziyette, kendilerini ve özelliklerinin keşfedilmelerini beklemektedir.

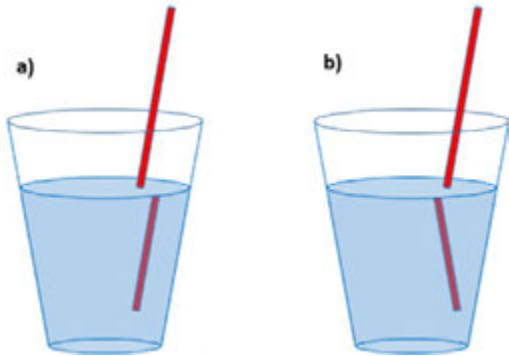


METAMALZEMELER VE GÖRÜNMEZLİK

Onur DEMİREL
Dr. Murat Gökhan ESKİN

Antik Yunancada "ötesi, sonrası" gibi anlamlara gelen *meta* ve Latince'de "malzeme, madde" anlamına gelen *materia* kelimelerinin birleşiminden meydana gelen ve "malzemenin ötesi, malzemeden ilerisi" gibi anlamlara sahip olan metamalzemeler; ismine paralel özelliklere sahip mühendislik malzemelerine verilen isimdir. Metamalzemeler sayesinde geleneksel malzemeler ile elde edilemeyen özelliklere ulaşmak mümkün olmuştur. Uzak mesafelere yapılan kablosuz enerji transferi, giyilebilir sensörler, görünmezlik teknolojileri gibi bilimkurgu olarak kabul edilebilecek pek çok uygulama, metamalzemeler sayesinde elde edilebilmektedir. Sayılan teknolojilerin henüz optimize edilmiş ve pratik uygulamalarına uzak olunsu da bu teknolojilerin temellerini oluşturacak çalışmalar yapılagelmektedir.

Metamalzemeler ile ilgili teorik fikirler yirminci yüzyılda ortaya atılmıştır. Pratik anlamda kullanımı ise 2000'li yıllarda başlamış olup hâlâ gelişime oldukça açık olan bir alandır. Metamalzemeler, Elektromanyetik Yapay Malzemeler ve Metamalzemeler Avrupa Sanal Enstitüsü tarafından, "doğal olmayan spesifik özellikler elde etmek için tasarlanmış yapay malzemeler" olarak tanımlanmıştır. Yapısal blok ya da birim hücre adı verilen yapı taşlarından oluşurlar. İstenilen özellikleri elde edebilmek için birim hücre içindeki malzemeler, malzemelerin geometrileri ve birbirine göre konumları tasarlanır. Bu birim hücreler farklı geometri ve özellikte periyodik olarak bir araya getirildiğinde sonuçta elde edilen makroskobik yapı doğada olmayan nihai özelliklere sahip olabilmektedir. Örneğin metamalzemeler negatif kırılma indisine sahip yüzeylerin elde edilmesine, yani gönderilen ışığın beklenenin aksi bir yönde Şekil 1b'deki gibi kırıldığı bir ortamın oluşmasına olanak sağlar.



Şekil 1 – Pozitif kırılma indisli (a) ve negatif kırılma indisli (b) bir ortamdaki kırılma

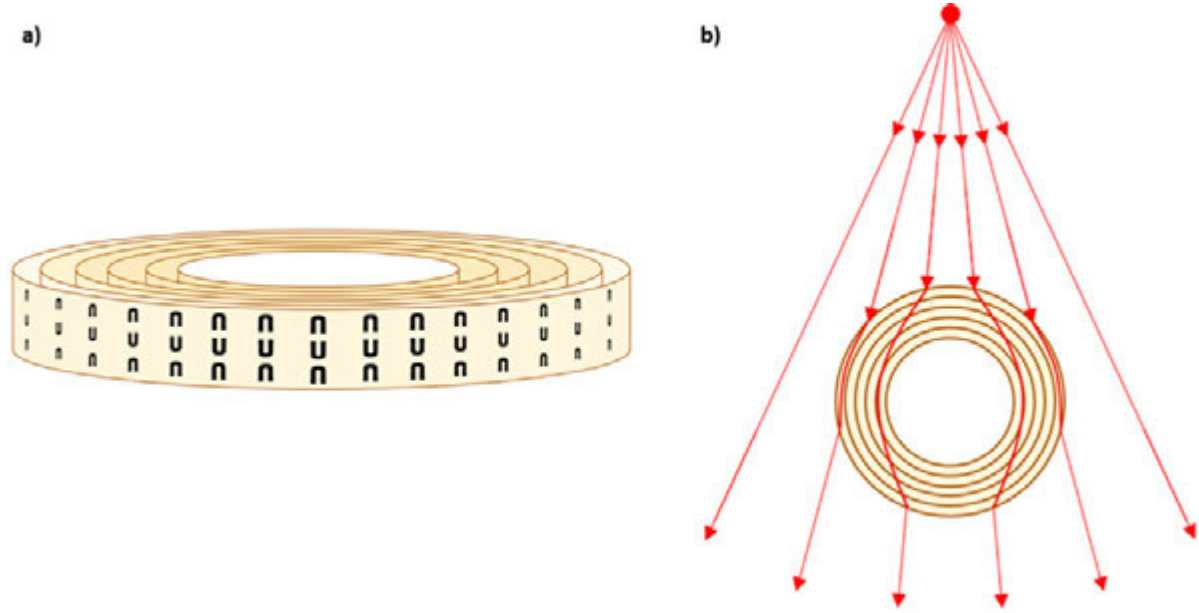
Metamalzemeler ile ilgili çalışmaların sayısının artması, spesifik elektromanyetik dalga-madde etkileşimlerinin elde edilebileceğini göstermiştir. Bu durum standart malzemelerle elde edilemeyen teknolojilerin de önünü açmaktadır. Metamalzeme konsepti elektromanyetizma çevresinde gelişmiş olsa da zamanla akustik, mekanik ve termal metamalzemeler gibi alt dalları ortaya çıkmıştır ve uygulama alanları günden güne artmaktadır.

Elektromanyetik metamalzemelerde ise diğerlerine göre daha fazla uygulama alanı keşfedilmiştir. Işınım ısı transferi sayesinde uydu sistemlerinin ısı yönetimi yapılabilmekte, kaplama uygulamaları ile binalar enerji harcamadan soğutulabilmekte, yüksek soğurma kabiliyetli malzeme tasarımları ile yüksek verimli fotodedektörler ya da güneş panelleri geliştirilebilmekte veya emisyon katsayıları düşük yüzeyler tasarlanarak farklı dalga boyu aralıklarında kamuflaj elde edilebilmektedir.

Bir örtü, giysi veya toz vasıtasıyla göze görünmez hale gelmek çoğumuzun hayal ettiği, fantastik ve bilimkurgu dizi ve filmlerde defalarca işlenmiş bir olgudur. Peki Harry Potter'ın pelerini veya Star Trek'teki uzay gemilerinin gizlenme kalkanı ile görünmez olabilmek teknolojik olarak gerçekten mümkün müdür? Hacmi ve kütlesi olan bir cisim en azından belirli bir frekans aralığı için görünmez kılınabilir mi?

Bir cisim bir kaynaktan gönderilen elektromanyetik dalgaların yönünü veya büyüklüğünü değiştirmezse, bu cisim o dalga boyu için görünmez olur. Diğer bir deyişle, bir cismi belirli bir frekans aralığında gizlemek, görünmez kılabilmek için gönderilen elektromanyetik dalgaların geri yansıtılmadan ve saçılmadan, yani gölge oluşturmadan geldiği gibi iletilebilmesi gerekmektedir. Fakat bir cisimden gelen tüm yansımaları tüm açılar için ve cismin bulunduğu ortamdan bağımsız bir şekilde yok edebilmek, daha da önemlisi bunu geniş bir frekans aralığında gerçekleştirebilmek oldukça zordur. Fakat bazı özel teknikler kullanılarak belirli frekans aralıklarında görünmezlik elde etmek mümkündür.

Bu tekniklerden bir tanesi olan "uzaysal bükülüm" tekniğinde, gelen elektromanyetik dalgalar Şekil 2a'daki gibi metamalzemeler kullanılarak oluşturulmuş kapalı bir geometrinin etrafından dolandırılır ve Şekil 2b'deki gibi istikamet kaybına uğramadan veya saçılmadan geldiği doğrultuda yoluna devam eder. Dalgaların seyahat ettiği uzay bir nevi bükülmüş olur. Saklanmak, görünmez kılınmak istenen cisim ise genellikle daire şeklinde



Şekil 2 – İki boyutta uzaysal bükülüm tekniği ile görünmezlik sağlamak üzere oluşturulmuş metamatizeme yapısı (a) ve bu yapıya gönderilen dalgaların yapı içinde ve dışında izlediği yol (b)

olan bu geometrinin içerisine koyulur. Bu şekilde saklanan cisim, o dalga boyundaki dalgalar için görünmez olmuştur. Bu teknikle ilgili ilk deneysel gösterim 2006 yılında Duke Üniversitesi'nden Profesör David R. Smith ve ekibi tarafından duyurulmuştur. İki boyutta gerçekleştirilen çalışmada, metamatizemelerden oluşturulmuş dairelerin iç içe yerleştirildiği bir yapı oluşturulmuş ve gönderilen dalgaların neredeyse hiç bozulmadan bu yapıdan geçmesi sağlanmıştır. Fakat bu çalışma çok dar bir frekans aralığında ve mikrodalga frekansta gerçekleştirilmiştir. Bu etkinin üç boyutta, mesela metamatizemelerden oluşturulmuş bir küre kullanılarak gerçekleştirilebilmesi, daha geniş bir frekans aralığını kapsaması veya daha da önemlisi görünür frekans aralığı olan 400-700 THz seviyelerinde gerçekleştirilebilmesi, halen çözölmeyi bekleyen büyük mühendislik problemleri barındırmaktadır.

Metamatizemeler kullanılarak görünmezlik sağlamaya yönelik öne sürölen bir diğör yöntem saçılımıların yok edilmesi tekniğidir. Saklanmak istenen cismin saçılım kesit alanını [SKA] mümkün olduğunca azaltmak esastır. Bu teknikte hedeflenen frekansa göre plazmonik yapılar veya metamatizemeler kullanılarak bir kafes yapı veya kaplama oluşturulur. Gizlenmek istenen cisme gönderilen elektromanyetik dalgaların, cisme çarparak oluşturduğu tüm saçılımlar yok edici girişime uğratılır ve cismin

o frekans için SKA'sı sıfıra yaklaştırılır. Cisimden gelen herhangi bir saçılım olmadığı için de cisim bu frekans veya frekans aralığında tespit edilemez. Bu teknikte de saklanmak istenen cismin boyutları ve görünmezlik elde edilmek istenen frekans aralığına bağılı olarak çözölmeleri gereken problemler mevcuttur.

İletim hattı kullanarak gizleme, görünmezlik için kullanılabilecek tekniklerden bir diğereğidir. Bu teknikte iki veya üç boyutlu iletim hatları kullanılarak bir ağı yapıları oluşturulur. İletim hatları gelen dalgalar için bir kılavuz vazifesi görür ve dalgalar bu iletim hatları vasıtasıyla büyük ölçüde bozulmadan yoluna devam eder. Gizlenmek istenen cisim, gelen dalgayı etkilemeyecek şekilde bu iletim hatları haricindeki boşluklara koyulur ve böylelikle bu dalga için cisim görünmez olur. Yine bu teknikte de saklanmak istenen cismin boyutları ve görünmezlik elde edilebilecek frekans aralığı ile ilgili limitler bulunmaktadır. Ayrıca iletim hatları aracılığı ile ilerleyen dalgalar boşluktaki dalgalara göre daha yavaş ilerleyeceği için aralarında bir faz farkı oluşmaktadır.

Pasif [enerji kullanılmayan] sistemler kullanılarak elde edilmeye çalışılan görünmezlik çalışmalarında dar bir frekans aralığında başarılı olursa da frekans aralığı arttıkça gizlenmek istenen cisimden gelen saçılımlar da artar. Bu durum geniş bir spektrumda görünmezlik elde etmenin zor olmasının ana

sebeplerindendir. Bu engeli aşmanın bir diğer yolu olan aktif sistemler kullanarak görünmezlik elde etmek, cisimleri belirli bir frekans aralığında gizlemek için kullanılan bir diğer tekniktir. Aktif sistemler sensör ve metamateryallerin beraber kullanıldığı ve enerji tüketen sistemlerdir. Gelen dalga sensörler ile analiz edilir ve saçılımları, yok edici girişim kullanarak minimize etmek için karşı dalga üretilir. Böylece gelen dalga bu sistemden yansıma veya saçılım yapmadan geldiği gibi gider. Fakat aktif sistemlerle ilgili deneysel gösterimler DC frekanslar için gerçekleştirilmiş olsa da sensörlerden gelen veriyi işleyecek yeterli zaman olmaması sebebiyle sıfır olmayan frekanslarda henüz çalıştırılamamıştır.

Metamateryaller kullanılarak görünmezlik elde etmek sadece elektromanyetik dalgalar için kullanılan bir teknoloji değildir. Mikrodalga, kızılötesi ve çok sınırlı da olsa görünür frekanslarda yapılan görünmezlik çalışmalarının yanı sıra akustik ve termal dalgalar da metamateryaller kullanılarak yapılan görünmezlik çalışmaları için önemli konulardan olmuştur. Temel olarak elektromanyetik dalgalardan gizlenmek için kullanılan teknikler akustik ve termal dalgalar için de kullanılabilir.

Akustik metamateryaller kullanılarak sonarlara karşı elde edilen görünmezlik, özellikle sualtı savunma sistemleri için büyük önem teşkil etmektedir. Bununla beraber ses izolasyonu veya hassas sistemler için titreşimlere karşı sağlanacak yalıtım çözümleri için de akustik metamateryal görünmezlik sistemleri kullanılmaktadır.

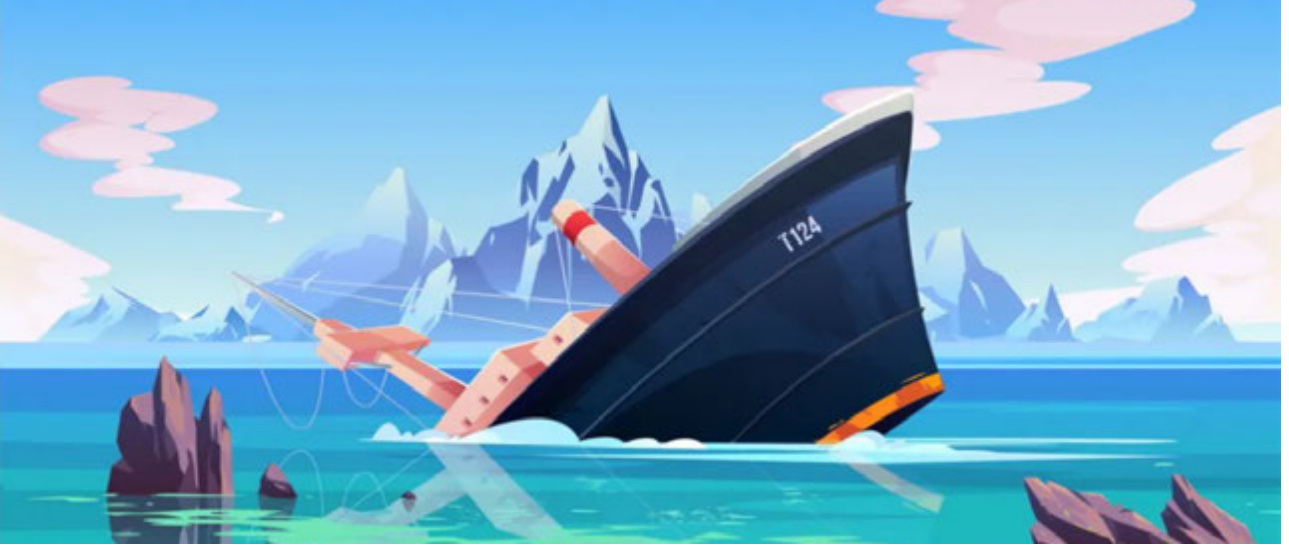
Termal dalgaların temel taşı olan fononlar, yani bir malzemedeki atom ve moleküllerin kolektif titreşimi ile oluşan dalgalar ise foton ve elektronlara benzer şekilde manipüle edilebilir. Metamateryaller kullanılarak oluşturulan termodinamik görünmezlik sistemleri, kritik komponentleri ısı değişimlerinden korumak veya ısı akışının etkilenmesini engellemek gibi uygulamalarda kullanılabilir.

Görünmezlik ve gizlenme teknolojileri her ne kadar henüz hayal edilen seviyelere ulaşmamış olsa da ihtiyaca yönelik özel olarak tasarlanan ve üretilen metamateryaller sayesinde en azından belirli frekans aralıklarında görünmezlik elde etmek mümkündür.



OLMASA, OLUR MUYDUK: MALZEME BİLİMİ

Mehmet KAPLAN



Malzeme; etrafımızda gördüğümüz, kullandığımız ve bir şey olabilecek potansiyele sahip her şey; mühendislik ise, bir şeyler tasarlamak veya yapmak için bilim ve teknolojinin kullanılmasıdır. Malzeme bilimi nihai ürünleri oluşturmak veya geliştirmek için doğal özellikleri kullanmak, değiştirmek veya geliştirmek amacıyla farklı fazlardaki malzemelerin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin karakterizasyonunu içeren disiplinler arası bir alandır. Burada bahsi geçen malzemeler, metal ve alaşımlar, seramikler, polimerler, kompozitler, manyetik malzemeler, optik malzemeler, yarı iletkenler ve süper iletkenlerdir. Malzeme biliminin araştırma konusu ise malzemelerin atomik veya moleküler ölçekteki yapıları ile makroskobik özellikleri arasındaki ilişkidir. Malzeme biliminin her şeyin başında olduğu gerçeği şu soruda saklıdır; ne istiyorsunuz? Daha mı ucuz, daha mı hafif, daha mı sert, daha mı iletken, daha mı uzun ömürlü, daha mı korozyona dayanıklı, daha mı düşük ergime sıcaklığına sahip? Yani bir malzeme mühendisinin yaptığı iş, istenilen özelliğe ve istenilen kullanım yerine göre, maliyeti de işin içine dâhil ederek malzemeyi tasarlamak,

üretmek ve geliştirmektir. Bu açıdan, malzeme olmadan mühendisliğin de yapılamayacağı anlamı çıkarılabilmektedir.

Malzeme bilimi, seramik üretimi ile başlamış, bilinen en eski uygulamalı mühendislik ve bilimdir. Modern malzeme bilimi ise metalürji ve maden biliminden türemiştir. Sanayi Devrimi ile birlikte hammaddelere olan ihtiyaç çarpıcı bir şekilde artmış, bu durum metalürjiye olan önemi artırmıştır. On yedinci yüzyılın sonuna kadar on iki metal bilinmesine rağmen on dokuzuncu yüzyıla kadar kullanılabilen metaller, çağın ihtiyaçlarını karşılamaya yetmiştir. Ancak Sanayi Devrimi ile birlikte daha fazla metale ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır. Bu ihtiyaç, diğer metallerin de çıkarılmasını sağlayacak teknolojilerin doğmasına yol açmıştır. Örneğin, alüminyum üretimi için elektroliz gereklidir ve bu nedenle on dokuzuncu yüzyıl, alüminyum çağının başladığı yüzyıl olarak bilinmektedir. Elektrik kullanılabilir hale geldikçe magnezyum ve titanyum gibi metaller de kullanılabilir hale gelmiştir. Willard Gibbs'ın on dokuzuncu yüzyılda malzemelerin termodinamik

özelliklerini keşfetmesiyle malzeme bilimi büyük ilerleme kaydetmiştir. Tüm bunlara ek olarak, Birinci ve İkinci Dünya Savaşlarının malzeme bilimine olan ilgi ve alakayı artıracak ve önemli hale getirecek olaylar olduğu bilinmektedir.

Başka bir perspektiften malzeme biliminin gelişimine bakıldığında, otomotiv endüstrisinde ilk arabalar ahşap ve tahtadan yapılmıştır. Çünkü o dönemde hedef bir araba yapmaktır; ucuzluk ve performans bir parametre değildi. O dönemlerde mühendislik malzemeleri, alaşımlar ve prosesler henüz gelişmediğinden ulaşılabilir olan malzemeler ahşap ve tahtaydı. Daha sonra, metal ve malzeme biliminin gelişmesiyle çelik çağı denilen dönem otomotiv endüstrisi için başlamıştır. Burada, ağırlık, gaz tüketimi ve çevreye olan zarar dezavantajdır. Bu doğrultuda alternatif olarak, alüminyum alaşımları ve magnezyum alaşımları geliştirilmeye ve kullanılmaya başlamıştır. Buradaki dezavantaj ise artık dayanıklılığın azalması olmuştur. Bu özellikleri kombine edecek bir malzeme ihtiyacı polimer esaslı kompozit malzemelerin geliştirilmesi, üretilmesi ve kullanılmasını sağlamıştır. Alüminyum ve magnezyum kadar hafif, çelik kadar da sert ve dayanıklı olabilen polimer esaslı kompozit malzemeler, çevreye daha az zarar vermekte ve gaz tüketimini azaltmaktadır. Fakat maliyetleri de fazladır. Almanya menşeli arabaların Fransa menşeli arabalardan daha pahalı olmasının sebebi, Almanya menşeli arabalarda kompozit malzeme kullanım oranının Fransa menşeli olanlardan daha fazla olmasıdır. Formula 1 araçları ve profesyonel tenis oyuncularının kullandığı raketler gibi bazı uygulamalarda ise maliyet bir parametre olmayıp, maksimum performans ve minimum ağırlık için yüksek oranda kompozit malzemeler, örneğin karbon fiber, geliştirilmekte ve kullanılmaktadır. Genel olarak malzeme biliminin gelişimi ile birlikte mukavemet/yoğunluk oranı ciddi bir şekilde azalmıştır.

Malzeme biliminin temel taşı, dört temel bileşeni içeren malzeme tetrahedronu oluşturmaktadır. Bu dört temel bileşen yapı, özellikler, performans ve prosesler (Şekil 1). Yapı, bir malzemedeki atomların veya iyonların düzenini temsil eder. Ayrıca yapı, atom-kristal-tane-faz veya atomik seviye-atomik diziliş-mikro yapı-makro yapı gibi farklı biçimlerde incelenebilmektedir. Malzemelerin yapısı, genel bileşim değişim bile, malzemelerin birçok özelliği üzerinde derin bir etkiye sahiptir. Örneğin, demirin kristal yapısı hacim merkezli kübik iken, alüminyumun kristal yapısı yüzey merkezli kübiktir. Bu farklılık, demiri daha mukavemetli ve sert yaparken, alüminyum da daha sünek ve işlenebilir bir malzeme yapmaktadır.

Özellikler, mekanik ve fiziksel olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Mekanik özellikler bir malzemenin yük altında gösterdiği davranışlardır. Gerilim-gerinim grafiği ile malzemenin birçok mekanik özelliği hakkında, örneğin akma mukavemeti, bilgi sahibi olunabilmektedir. Başka bir örnek verilecek olursa süneklik, malzemenin kırılmayı geciktirerek deformasyona uğrama yeteneğidir. Sertlik ise diğer yandan, malzemenin çekmeye karşı olan direncidir. Bu iki özellik birbiri ile ters orantılıdır. Kırılma tokluğu, malzemede çatlak büyümesine karşı olan direnç iken, sürünme direnci yüksek sıcaklıklarda malzemenin deformasyona uğramaya karşı direncidir. Fiziksel özellikler ise, genellikle bir malzemeye etki eden kuvvetlerden önemli ölçüde etkilenmeyen renk, elektriksel veya termal iletkenlik, manyetizma ve optik davranış gibi özelliklerdir.

Proses ya da üretim, malzemeleri faydalı bileşenlerine dönüştürmeyi veya özelliklerini değiştirmeyi içerir. Döküm, kaynak, haddeleme ve ısıtım işlemi proses örnekleridir.

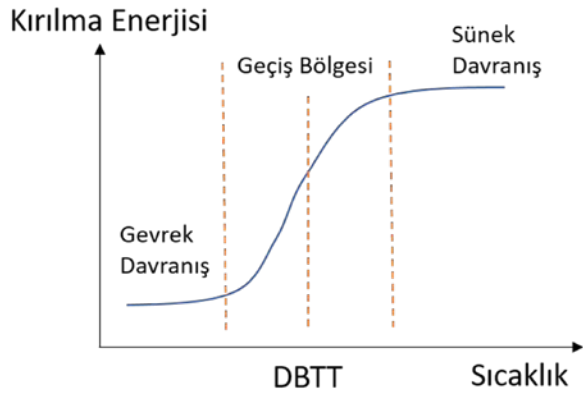
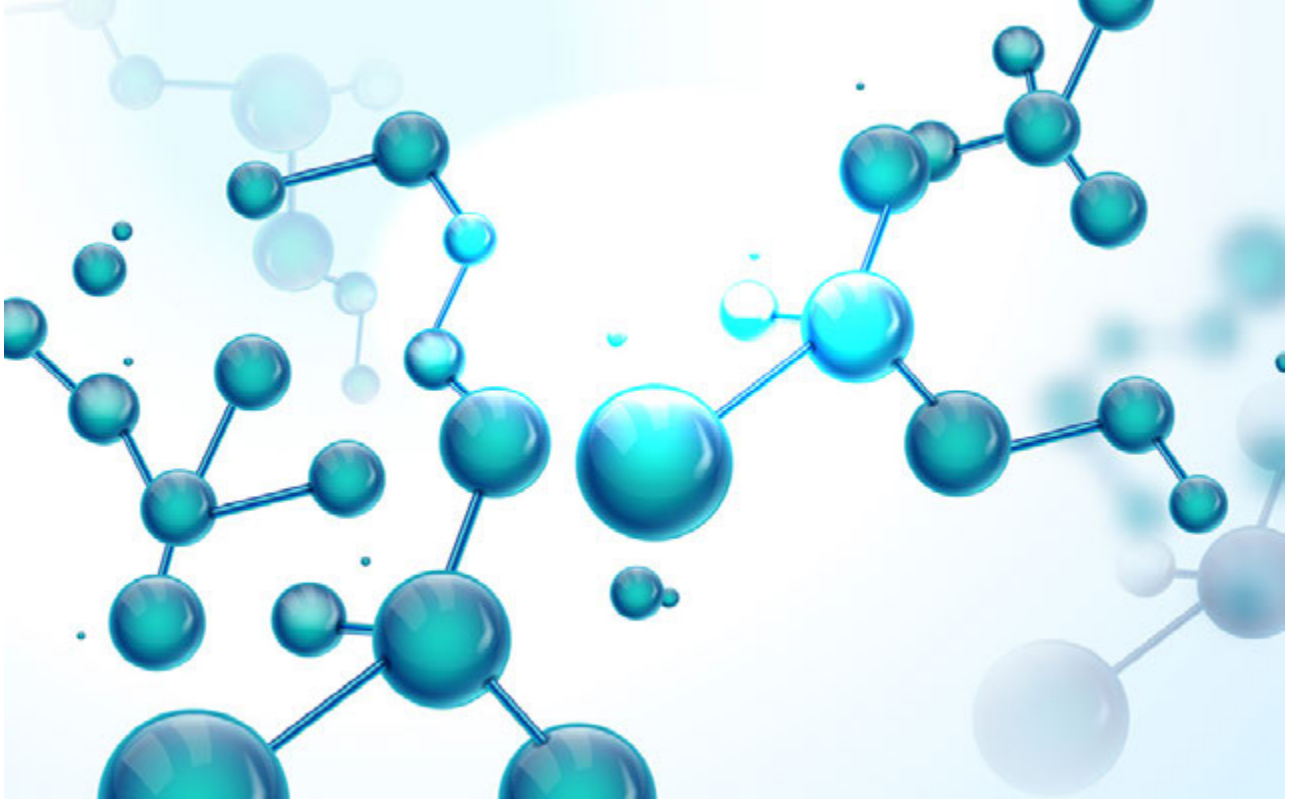
Malzemenin istenilen yer ve koşullarda, istenilen işlevlerini yerine getirebilmesi ise performansdır.

Her bir temel bileşen birbirini etkilemektedir. Örneğin, proseste yapılacak bir değişiklik yapıyı, daha sonra özelliği ve nihayetinde performansı etkiler.

MALZEMELERİN ÇAĞLARA İSİMLERİNİ VERMESİ

Tarih öncesi dönemde taş devrinden sonra metal devri yaşanmıştır. Bazı metallerin o çağlara isimlerini vermesi, malzeme ve hayatın insanlık tarihinin başlangıcından itibaren iç içe olduğuna bir işarettir. Metal devri, sırasıyla bakır, bronz ve demir çağlarını içermektedir. Buradaki ilginç nokta, altının bu üç metalden de önce bulunması, fakat herhangi bir çağa ismini vermemesidir. Bunun sebebi ise altının o dönemlerde herhangi bir silah yapımında kullanılmamış olmasıdır. Altın, çok yumuşak ve kırılabilir bir malzeme olduğu için günümüzde dahi araç ve gereçlerde kullanılamamaktadır.

Bakır çağı, insanların bakırı silah yapımında ve günlük yaşantıda kullanmasıyla başlamıştır. Daha sonra, insanlar metalleri karıştırarak, farklı özellikte ve yeni malzeme üretecek ve bronz çağı başlayacaktır. Demiri ergitmeyi ve ardından dövüp daha keskin silahlar üretmeyi keşfettiklerinde, demir çağı başlamış ve insanlar Avrupa, Asya ve bazı Afrika bölgelerinde demirden silahlar ve araçlar yapmıştır.



Şekil 2 – Darbe enerjisi ve sünek-gevrek geçiş sıcaklığı

Ek olarak, İkinci Dünya Savaşı sırasında Almanya'nın Sovyetler Birliği'ne ilerlemeye çalışırken kış aylarının etkisiyle arabalarının ve jiplerinin etkisiz kalması ve akabinde bozguna uğraması ve 1986 yılında gerçekleşen ve günümüzde mühendislikte etik konusunda sıkça bahsi geçen "Challenger Uzay Mekiği Faciası" da polimer malzemelerin camısı geçiş sıcaklığı $[T_g]$ ile alakalıdır.

Son zamanlarda malzeme bilimine verilen önemi günümüzün en çok araştırılan malzemelerinden biri olan grafeni keşfeden bilim insanı Andrei Geim'in Nobel Ödülü'ne layık görülmesiyle anlayabiliriz.

Oldukça disiplinler arası bir yerde bulunan malzeme bilimi sayesinde istenilen özellikte malzemeler üretmek bir hayal değil. İnsanoğlu, ısıya dayanabilen yapılar, doğal organların işlevini görecektir yapay organlar ve uzaya çıkabilen araçlar gibi çok uç özellikler isteyen uygulamalar için malzeme tasarlayabilmektedir. Malzeme bilimi sayesinde geçmişte imkânsız denilebilecek şeyler mümkün kılındığına göre günümüzde de insanın hayal olarak nitelendirdiği birçok tasarımı gerçeğe dönüştürecek şeylerin başında yine malzeme bilimi gelmektedir.

Unutmamalıyız ki malzeme olmadan mühendislik olmaz.

ÇIRPAN KANATLI BİYOESİNLENMELİ MİKRO HAVA ARAÇLARINDA AKILLI MALZEMELERİN KULLANIMI

Bekir Barış TOSUN



Böceklerden ilham alınarak tasarlanan mikro hava araçları; havada süzülme, kapalı alanlarda manevra yapma, düşük radar yüzey kesiti, taşınabilirlik ve düşük ağırlıkta yüksek kaldırma kuvveti üretebilme kolaylığı gibi birçok avantaj sunar. Arama ve kurtarma görevleri ve toksik ortamlarda operasyonlar dahil olmak üzere birçok önemli uygulamaya sahiptirler.

Mikro hava araçlarının tasarımında ağırlığın büyük bir kısmına sebep olan bileşen, kanat çırpma hareketi için kullanılan eyleyici ve hareket iletimi mekanizmasıdır. Motor ve dişli kutusu, robotun toplam kütlesinin önemli bir bölümünü oluşturur ve tipik olarak büyük ve orta boy insansız hava araçları için kullanılırlar.

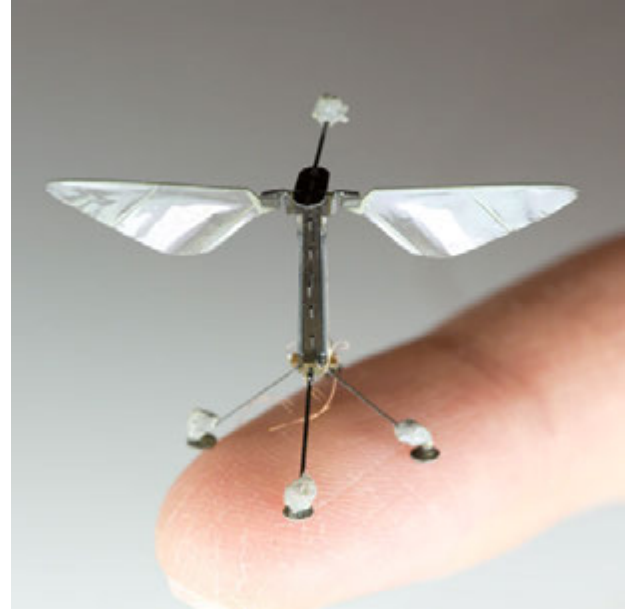
Çırpın kanatlı mikro hava araçlarında boyut ve ağırlık sınırlamalarından kaçınmak için şekil hafızalı alaşımlar, elektroaktif polimerler ve piezoelektrik materyaller gibi akıllı malzemelerin düşük ağırlıkları, küçük boyutları ve basit tasarımları sebebiyle uygun bir seçim olduğu düşünülmektedir. Piezoelektrik eyleyiciler, küçük boyutları, düşük ağırlıkları ve hızlı reaksiyon tepkileri nedeniyle mikro hava araçlarında en çok kullanılan eyleyici türüdür. Kanatlarda çırpın kanat hareketini elde etmek amacıyla piezoelektrik eyleyiciler için çeşitli konfigürasyonlar ve mekanizmalar kullanılmıştır. Bu konfigürasyonlar temel olarak, piezoelektrik eyleyicinin doğrusal ve bükülme modunda kullanımı olarak ikiye ayrılır.

Çeşitli çalışmalarda piezoelektrik elemanlar çırpın kanat mekanizmalarında doğrusal eyleyici olarak kullanılmıştır. Cranck-rocker mekanizmasına sahip döner bir motor tarafından klasik çırpın kanat sistemlerinin aksine, bu tip eyleyiciler bir dişli kutusuna ihtiyaç duymazlar. Ancak, yeterli miktarda yer değiştirme oluşturabilmek için mekanik bir amplifikasyon yöntemine ihtiyaç duyarlar. Küçük yer değiştirme mesafesini artırmak için inchworm ve darbeli tahrik mekanizması gibi çeşitli yöntemler önerilmiştir. 2017 yılında bir grup araştırmacı tarafından cranck-slider mekanizmasına bağlı olan doğrusal piezoelektrik elemanın yer değiştirmesi, darbeli tahrik mekanizması kullanılarak artırılmıştır. Tasarımlarında ileri harekette yavaş artış ve hızlı azalışı olan bir testere dişi dalga voltajı tarafından çalıştırılan doğrusal bir piezoelektrik eleman kullanılmaktadır. Geriye doğru hareket için voltaj gerilimini, hızlı artış ve yavaş düşüş olacak şekilde tersine çevirmişlerdir.

Çırpın kanat mekanizmalarından eğilme modunda kullanılan piezoelektrik eyleyiciler ise iki ana kategoride incelenebilir; hareket iletim yapılarıyla çalışan eyleyiciler ve doğrudan kanada bağlı olarak çalıştırılan eyleyiciler.

Zorlu mühendislik problemleri söz konusu olduğunda doğa çok faydalı bir araç olabilir. Santimetre ölçeğinde uçan böceklerin hem büyük çırpma hem de büyük yunuslama açısı gerektirdiği bilinmektedir. Çoğu Diptera ve Hymenoptera ile birkaç Heteroptera ve Coleoptera olmak üzere birçok böcek uçmak için dolaylı bir kanat mekanizması kullanır ve toraksları karmaşık bir bağlantı ve kam yapısı içerir.

Harvard Üniversitesinde bir araştırma grubu 2008 yılında transmisyon yapısına sahip, böcek boyutunda çırpın kanatlı bir mikro hava aracının ilk uçuşunu gerçekleştirmiştir. Robobee adını verdikleri robotları sadece 60 mg kütleye sahipti. Kablolu olarak çalıştırılrsa dahi, tamamen otonom mikro hava araçlarının oluşturulmasına yönelik önemli bir gelişmeyi temsil ediyordu. [kaynak: <https://wyss.harvard.edu/technology/robobees-autonomous-flying-microrobots/>]



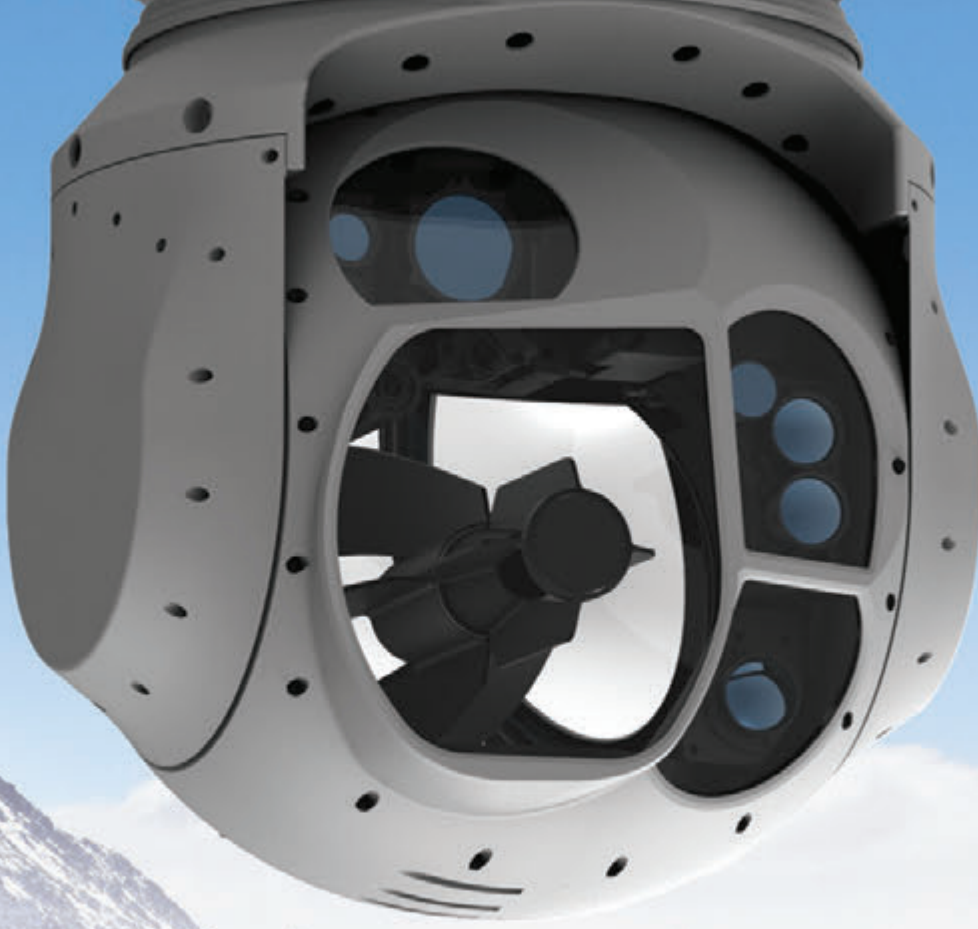


Bu çalışmada yüksek enerji yoğunluğuna sahip piezoelektrik eyleyici kullanmışlardır. Yaklaşık 2.600 rad/m iletim oranı kullanarak eyleyicinin eğilme hareketini çırpan kanat hareketine çevirmişlerdir. Robotu rezonans frekansına yakın bir noktada [yaklaşık 110 Hz] çalıştırarak uçuşunu gerçekleştirmişler.

Piezoelektrik malzeme teknolojisinin ilerlemesiyle birlikte mikro hava araçlarının herhangi bir iletim yapısı olmadan uçuşu mümkün hale gelmiştir. Bu, yüksek çırpma açıları oluşturmak için piezoelektrik malzemede nispeten büyük bir gerilim gerektirir. Kanatlar doğrudan eyleyicilere bağlı olduğundan yapısal basitlik ve hafiflik sunar. Bu yöntem, uçuş kaslarının doğrudan kanat tabanı skleritlerine bağlı olduğu yusufçuklar gibi daha büyük böcekler tarafından kullanılan doğrudan uçuş mekanizmasına benzer.

Toyota Central R&D laboratuvarlarından bir grup araştırmacı kendi ağırlığından daha büyük kaldırma kuvveti üreten, doğrudan kanada bağlı çalışan piezoelektrik eyleyicili bir mekanizma bildirdi ve bu, çırpan kanat için doğrudan bağlı çalışan mekanizmaların kullanımının gerçekleştirilebileceğini gösterdi. Bu robotu rezonans frekansına yakında bir noktada [yaklaşık 110 Hz] çalıştırarak uçuş gerçekleştirmişlerdir.

ASELSAN Araştırma Merkezinde yukarıda bahsedilen çalışmalar yakından takip edilip, Türkiye'deki ilk böcek boyutunda çırpan kanatlı mikro havacı üretilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu amaç doğrultusunda çırpan kanat aerodinamiği, akıllı malzemelerin kullanımı ve uysal mekanizmalar üzerine araştırmalar yapılmaktadır.



CATS

Elektro-Optik Keşif, Gözetleme ve Hedefleme Sistemi

CATS, İnsansız Hava Araçları (İHA) için geliştirilmiş olan, yüksek performanslı bir elektro-optik keşif, gözetleme ve hedefleme sistemidir. CATS sisteminde 3-5 mikrometre kızılötesi kamera, yüksek çözünürlüklü gündüz görüş kamerası, düşük ışık kamerası, lazer hedef işaretleyici, lazer mesafe ölçme birimi, lazer aydınlatma ve lazer noktalama birimi bulunmaktadır.

www.aselsan.com



aselsan

DURUMSAL FARKINDALIK İÇİN BİR MÜHENDİSİN YOL REHBERİ

Utku OĞUZMAN

ÖNSÖZ

Gece vakti bir polis ihbar hattı arandı. Polis, arayan kadını dinlemeye başladı:

Kadın: “Merhabalar, büyük boy bir pizza siparişi verecektim. Adresim-”

Polis: “Pardon, hanımefendi, burası polis ihbar hat-”

Kadın: “Anlıyorum, tabii ki, sıkıntı yok. Adresim [...]”

Polis bu tepkiyi duyunca şaşırdı. Kendi dünya modeli, birinin sadece bir ihbar durumunda onunla iletişime geçeceği durumların beklentisindeydi. Pizza isteyen insanların pizzacıları arayacağına da emindi. İnsanların yanlış yaptıklarına dair uyarıldıkları zaman durumu tekrar değerlendireceklerine inanıyordu. Ama şu an içinde bulunduğu durum, bu beklentilerin aksine bir gözlem demekti. Bu durum her gözlemin mantıklı bir açıklaması olduğuna inanan polisin aklında bazı olası açıklamaların çağrışımını yaptı: kadın bir şeyin etkisi altında olabilirdi, telefon şakası yapıyor olabilirdi ya da kadının akli yerinde değildi. Ama olmayan şey kadının tehlike altında olmasıydı, çünkü eğer öyle olsaydı direkt tehlikeden bahsederd, onun yerine “Sıkıntı yok.” dedi... Der miydi? Polis kendini kadının bulunabileceği olası konumlara koymayı denedi ve bu aramayı yapma durumuna erişebileceği senaryoları aklında türetmeye başladı ve şu ana kadar gözlediği tüm durumları açıklayan açıklama bir anda beliriverdi: Yanında ihbar etmek istediği bir adamın olması ve polisi arama imkânı bulabilmesi durumunda polise adresini vererek gizlice yardım istemesi ancak pizza siparişi gibi adresini paylaşabileceği masum gözüken bir rol ile mümkündü! Polisin kadının ilginç cevabını alalı henüz 2 saniye bile olmamıştı, aklındaki tüm teorilerin arasından en önemli ve acil bulduğu teorisini test etmek için polis en iyi soruyu seçti:

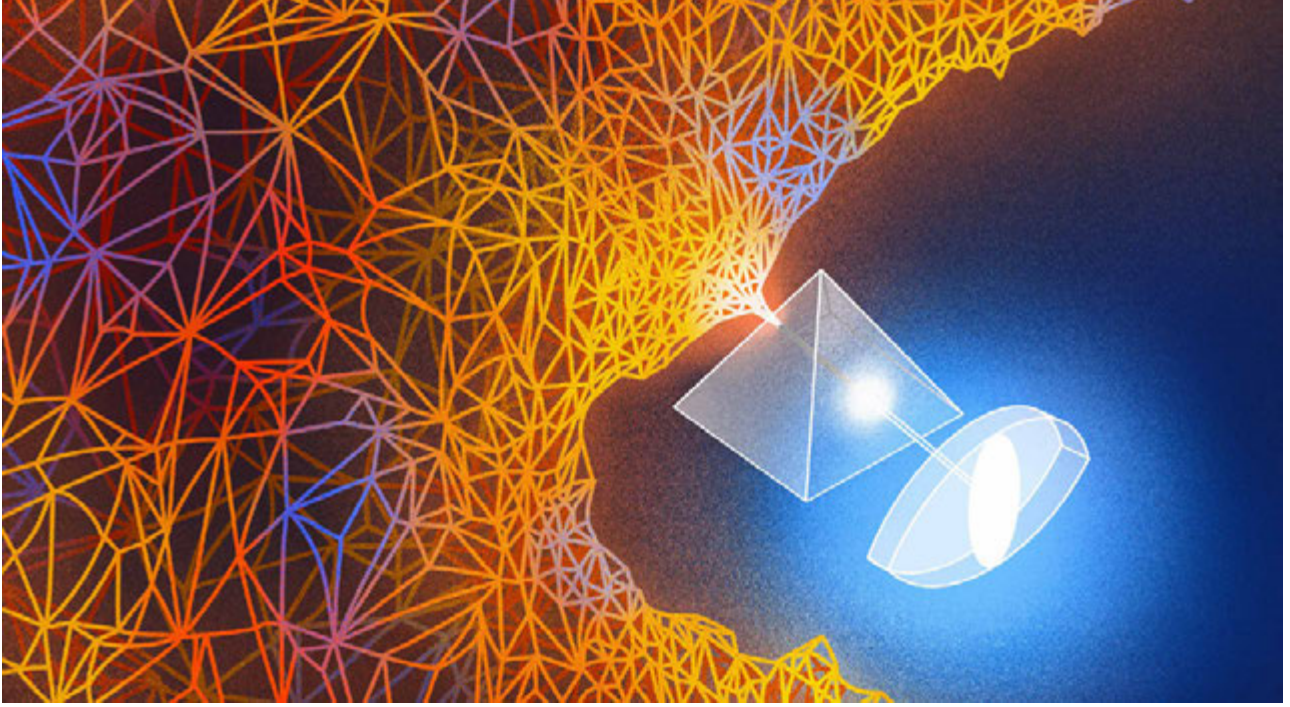
Polis: “Hanımefendi, evinizde çocuk var mı?”

Kadın: “Evet, 2 kola, evet.”

...

Bu tür gizli mesajlarla polisle haberleşme olayları her ne kadar haberlere çıkacak kadar seyrek yaşansa da hemen herkes kendini benzer belirsizliğe sahip diyaloglarda bulmakta ve herkesin bu konuşmalar sırasında karşı tarafın kastettiği şeyi tahmin etmesi gerekmektedir. “Benzinim bitti!” sorusuna “Şu köşeyi dönünce bir ABCgaz var!” cevabı alan kişinin aklında koşturması gereken minimum işlem miktarı ve bu işlemler için gereken hayat deneyimi her ne kadar insanlar için son derece vasat ve doğal bir gereksinim gibi gelse de benzer işlemleri bu deneyimlere sahip olmayan makinelerden beklemek maalesef mümkün değildir. Pragmatik iletişim anlayışımız sayesinde, 1. cümlemin üstü kapalı olarak bir tip araçtan bahsettiğini ve kişinin aslında aracını tekrar çalıştırabilmek için yardım istediğini biliyoruz. 2. cümlemin ABCgaz istasyonunda normal koşullarda benzin olduğunu ve yol gösterenin o an gösterdiği köşenin dönülüp yolda düz gidilmesi sonucunda ABCgaz istasyonuna erişilebildiğini ifade ettiğini anlıyoruz. Bu elzem olan ama söylenmeyen öğeler, maalesef orijinal cümlede hiçbir yerde yer almıyor. Bu iki cümlede yer alan iki öğe, yalnızca bir insanın benzininin bittiği ve bir istasyonun bir köşede var oluşu.

İnsanlar olarak, günlük hayatta bir parçası olduğumuz çoğu etkileşimi incelersek bu etkileşimleri çoğu zaman basit ve sıradan olarak sınıflandırabiliriz. Bir şeyi ilet, sor, taşı, yaz, döndür, koş, ayır, bin, dene, kaydet, tekrarla... Bu işleri yaparken gösterdiğimiz emeksiz yüksek performans, bu işlerin hepsinin minimal mühendislik eforlarıyla makineler kullanılarak otomatikleştirilebileceği fikrini doğal olarak uyandırabilir. Gerçek ise bundan biraz daha farklı. İnsanlar her insanda bulunan ortak olan özellikleri, bireysel hayat deneyimlerini, duydukları hikayeleri, biyolojik benzerliklerini, kabul edilen yerel görgü kurallarını, evrensel kabul edilen etik kurallarını ve öğrendikleri mantık kurallarını kullanarak; zengin bir deneyim ve bağlam içeriğini muhteşem bir sıkıştırma yoluyla (dil ile) karşı tarafa iletirken, karşı taraf ise bu sıkıştırmayı anında geri alıyor ve kendi aklında tuttuğu bağlamı güncelliyor.



Bu bilgi aktarım yöntemi, tüm insan toplumlarında en basit olgulardan en karmaşıklarına kadar neredeyse her duruma referans verecek kadar evrensel olmayı başarmış bir yöntem. Bu işleri sıkıntısız gerçekleştirebilme durumu, doğal olarak makineleşmeyi birkaç aylık bir işmiş gibi gösteriyor (bakınız: The Summer Vision Project, 1966).

Bu bilgilerin hepsinin son ifade şeklini bir makineye yüklemektense onların bu bilgileri kendi gerçek-dünya deneyimleriyle birlikte öğrenebilmesi, herkesin tahmin edebileceği gibi, en az mühendislik gerektiren yol olacaktır. Makinelerin bu tür gerçek dünya etkileşimlerine hazır olması için gereken şeylerden bahsetmeden önce tabii ki öğrenme konseptinin tanımını kesinleştirmemiz gerekir. Öğrenmenin bu konseptle ilgilenen birçok farklı alanda birçok farklı tanımı bulunmakta. Eğer 1800'lerde ortaya atılan davranışçılık akımının seri "algı-aksiyon" süreci fikri ile, veya aynı fikrin 1900'lerin başındaki güncellenmiş hali olan seri "algı-ifade-karar-aksiyon" süreci fikri ile öğrenme konseptini açıklamaya çalışırsak beynin nasıl en basit işlerle efor sarf etmeden uğraşabildiğini (fark etmeden yapılan alışkanlıklar, tek bir örnek ile öğrenme, aynı anda birden fazla işi yapma vb.) bile açıklamaya başlayamayız. Maalesef öğrenmenin yeterince kapsamlı olan tanımı, aynı zamanda mühendisliğe geçirmesi en zor olan tanım. Bu sebeple öğrenmenin "olası her tür aksiyon ve algılama geri-bildirim döngüsünü işe-yarayan başarı

metrikleri doğrultusunda gerçekleştirebilmek ve gereksiz bilgilerden kurtulabilmek için, deneyimlerin damlatılması yoluyla elde edilmiş olan ikonik iç ifadelerin/modellerin ve yaşanmış geçmiş deneyimlerin dünyayı doğru çözünürlük seviyesinde ve doğru hiyerarşik kompleksitede tahmin etmekte kullanılması, bu tahminlerle asıl yaşanan durum arasındaki farkı kapatmak veya açıklamak üzere her tür model üzerinde güncellemeler yapılması ve ilgili test düzeneği akıl edebilme mekanizması tanımını bu yazı boyunca kullanacağız.

OLMAZSA OLMAZ YETENEKLER

Bu kapsamda makinelerin kendi kendine yetmek üzere öğrenme konseptine insanlar kadar hâkim olabilmesi için adını rahatlıkla koyabileceğimiz bazı temel unsurlar mevcuttur. Bu bariz yeteneklerden bahsetmek abesle iştigal etmek gibi dursa da bu yazının amacı, insanlar için günlük hayatta bariz gözükken bazı anahtar konseptlerin aslında otonom araçlar için gerek-şart olduğunu okuyucuya ikna etmektir. Otonomi ve yapay zekâ alanına uzak insanlar için bu konseptler çoktan yapay zekâ alanının bir parçası olmuş olmalı gibi gözükse de günümüzdeki araştırma trendleri neredeyse aşağıdaki hiçbir madde için bu beklentiyle örtüşmemektedir. Bu olmazsa olmaz yetenekleri: İhtiyaç modelleri, zengin sensörlere sahip bir vücut, aksiyon-algı geribildirimleri, hafıza, vücut modeli, dünya modelleri, biliş yeteneği olarak sıralayabiliriz.

İhtiyaç modeli: Kendi kendine yeten sistemlerin fizyolojik (vücut bütünlüğü, sıcaklık, istenmeyenden kaçma, dinlenme, hayatta kalma), sosyal (sosyal ilişki, meşruiyet, yenme) ve bilişsel (yeterlilik, araştırma, estetik/organizasyon) ihtiyaçlarından bahsedebiliriz. Bu ihtiyaçların hepsinin; göreceli ağırlığı, kendi kendine azalması, kazancı ve kaybına ilişkin mekanizmalar ve bu mekanizmaları tahmin eden unsurlar mevcuttur.

Bu ihtiyaçların gereksinimlerinin hepsini istenen aralıkta tutabilmek için canlılarda doğuştan gelen (ve bilinç/biliş gerektirmeyen) basit geri-bildirim mekanizmaları mevcuttur. İhtiyaçlar bu basit mekanizmalarla karşılanamıyorsa bu durum bilinçli bir motivasyon yaratabilmek adına gereken dürtü ve hedef sinyallerinin yaratılmasından sorumludur.

Bu sinyaller çözümü kolaylaştırabilmek için gereken bazı düzenleyici fizyolojik (iyilik, agresiflik, sakinlik) ve dikkatsel (çözünürlük, baskılama, kaynak) mekanizmalarının modülasyonunu tetikleyebilir.

Bu dürtüler bilinçli varlığın o anki amacını modüle etmek için birbirleri ile yarışır ve yarışan ihtiyaçların o anki gücü, aciliyeti ve onu başarabilme yeterliliği gibi kıstaslar neticesinde o an için bilincin dikkatini kazanan bir motivasyon oluşur. Bu motivasyon ifadesi, bir hedef durumu ve bir kaçınma durumunun çağrışımını yapabilme yeteneğini deneyimler yoluyla öğrenmiştir.

Bir ihtiyaç modeli ve dünya modeli öğrenildikten sonra sistem bu modellerin hangi amaçla kullanılması gerektiğini ve nereye varılmak istendiğini ortaya koyar.

Bu ihtiyaçların karşılanmasının öğrenilmesi, vücudun sinir-düzenleyici ödül sinyalleri ile belirlenir. Örneğin, tüketim ödülü (serotonin), ihtiyacın karşılanmasının sonlanması ile yayılan bir ödül sinyalidir. Nihai hedefe ulaşıldığında bu deneyimlenen yolun “iyi” ya da “kötü” bir yol olduğunu pekiştirmek ve daha sonra hatırlayabilmek için sistemi modüle eder. İnisiyatif ödülü (dopamin), istenebilecek durumlara erişmek için gereken yeni fırsatların gözlemlenmesi ve hayal edilebilmesi anıyla birlikte salgılanan bir ödül sinyalidir.

Zengin ihtiyaçlar, farklı çalışan ödül tipleri, doyum ve yorgunluk hali gibi sistemi dünyaya bağlayan ilişkiler öğrenme sırasında var olmazsa, bir sistem her adımında en çok ödül alacağı yolu seçer. Bu tekdüze seçim modu, sistemlerin dışarıdan alınan kısıntı tarzında ödül sinyalleri ile çalışmasını en

kullanışlı yöntem haline getirir ve bu üstünkörü bencil öğrenme mekanizması varlığın diğer aktörleri gereken detayda modellemesini imkânsız hale getirir, birlikte çalışmayı zorlaştırır.

Zengin sensörlere sahip bir vücut: İnsan duyularının çeşitliliği beş ana duyudan çok daha fazladır. Uzaktan ölçüm yapabilmek için görülebilir spektrumdan istifade eden, odaklanan ve dönerek takip edebilen gözleri; havadaki binlerce farklı parçacığın ayrımını yapabilen burnu; havadaki basınç dalgalarının genlik ve faz farkını kullanarak çevredeki hareketlerin yönünü, uzaklığını ve kompozisyonunu sağlayan kulakları; temas durumunda oluşan titreşim ve basıncın ölçümünden sorumlu olan dokunma hissini bir kenara bırakırsak bile vücudun tahmin edildiğinden çok daha fazla sensörlerle donatıldığını görebiliriz. Kulak bölgesindeki koklea, açısız ve doğrusal ivme ölçümlerinden sorumludur. Acı reseptörlerinin sıcaklık, mekanik yırtılma, sürtünme ve kimyasal sorunları algılayan ayrı versiyonları mevcuttur. Kaslarda eklem pozisyonu, hızı ve yükünü algılamaktan sorumlu sensörler vardır. Vücut içi sensörleri iç aksanlarda bir sıkıntı oluşmuşsa bunu bilişin içeriği yapmak için çalışır.

Bu zenginlik, gerçek dünyada hayatta kalabilmek için, gereken her tür değişimi fark edebilmek için bulunmaktadır. İnsan vücudunun ne kadar tutumlu ve stabil bir sistem olduğu düşünüldüğünde, hiçbirinin boşuna var olmaması gerektiğine kanaat getirilebilir.

Aksiyon-algılama geri-bildirimleri: Bu mekanizma kaba ya da hassas her tür geri-bildirim için yukarıda bahsedilen fiziksel olgulardan ve mekanizmalardan yararlanan bir kontrol döngüsüdür. Bu mekanizma çoğu zaman çoktan yapılmış bir planı ve haliyle beklentileri takip etmek için kullanılır. Bazı bilişsel teoriler, canlıların gelişim sürecini sadece git gide üst üste binen ve gittikçe karmaşılaşan aksiyon-algılama geri-bildirimleri vasıtasıyla açıklamaya çalışır. Mimari yoluyla başlangıçtan beri var olan refleksler veya öğrenilmiş refleksler de bilişsel olmasalar bile dünyada kendi kendine yetebilen bir sistemin gereken hızda tepki verebilmesi için elzemdir.

Öğrenilmiş düşük seviye aksiyonların ne zaman, nasıl başlayacağını, nasıl devam edeceğini ve nasıl bitireceğine karar vermek için sistemler daima algıları kullanmaktadır ve dünyayı doğru bir organizasyonda görebilmek için sistemler daima aksiyonları kullanmaktadır. Bu sebeple algılar ve aksiyonları herhangi bir an için birbirinden ayrı iki sistem şeklinde düşünmek hatalı bir analiz olacaktır.



Ayrılamaz bir bütün olarak betimlenebilen bu aksiyon-algılama geri bildirimi ilişkisinin, beynin öznitelik işleyen ilk bölgesi olduğu düşünülen V1 bölgesinde dahi var oluşu bu yekpare konseptin ayrı ele alınamayacağına kanıt olarak düşünülebilir.

Hafıza: Hatırlama ve unutma yeteneği öğrenme mekanizmasının en önemli unsurlarındandır. Geçmiş deneyimlerin saklanması ve bir tür çağrışım ile bilişin içeriği haline getirilebilmesi; deneyimin ikonik ifadelerinin bulunması, ilgili bağlamların bir süre sonra hızlıca oluşturabilmesi ve ilgilenilen öğelerin manipüle edebilmesi için elzemdir.

Hafıza, ilgili girdileri tahmin etmekle görevli olan işlem birimlerinin bağlı olduğu diğer hücrelerle arasındaki bağlantılarda saklanır, bu işlem birimleri çevrelerinde oluşan yeni anıların doğru modellerini bulmaya odaklanmak ya da çoktan öğrendikleri modelleri iyileştirmek arasında bir seçim yaparlar. Tahmin edilen girdiler, onların açıklamaları sistemde bulunduğu için hatırlama

adına bir aciliyet yaratmazken, tahmin edilemeyen girdiler daha sonradan öğrenilmek üzere hafızaya yazılma ve uyku sırasında öğrenilme eğilimindedir. Hafıza tüm deneyimi detaylarıyla hatırlamaya çalışan bir mekanizmayken, öğrenmenin sadece doğru bağlantıları bulup var olan modelleri ilgisiz unsurlardan arındırmaya çalışması bu iki sistemin birbirinden beslenen bir denge ile var olabileceğini anlatır niteliktedir.

Vücut modeli: Dış dünyadaki düzeni bulmak allosentrik [dışarıdan referans bulan] referans çerçevesi ile ifadeleriyle mümkündür. Ama bu modellerin eninde sonunda bir aksiyon alınabilmesi ve aksiyon seti olarak saklanabilmesi için egosentrik [vücuttan referans bulan] referans çerçevesine dönüştürülmesi gerekir. Bu referans dönüşümü gerek navigasyon gerek de dünya manipülasyonu için elzem bir yetenektir. Bu referans dönüşümün başarısı, sensörlerin birbirleriyle uyumlu çalışmasına imkân sağlamaktadır ve bir süre sonra “sayısız sensör - bir dünya” modelini empoze etmektedir.

Örneğin görünün yarattığı iç ifadenin dokunma hissine dair tahminleri dokunma hissinden önce yapması, kendi kendine yetebilmek için gereken zengin bir gelecek tahmini ortaya koymaktadır. Aynı zamanda bazı sensörlere zarar gelmesi durumunda kalan sensörlerle benzer başarıyı sağlamak gibi gürbüz yetenekler de sistemin değişen durumlara adapte kapasitesini arttıran olgulardandır.

Vücut modelleri, nöron devrelerinin birbirleriyle iş birliği halinde çalışmayı öğrenmeleriyle birlikte üzerinde integral alınabilen küçük lokal manifold modelleri olarak saklanır. Bu manifoldde değerler algıların tahminlerine karşılık gelirken, aksiyonlar o anki manifold pozisyonunda değişiklik yaratan girdilere karşılık gelir.

Dünya modeli: Bir işin sınırlarını çizebilme, için neresinde olduğunu ve nereye yönelmek istediğine karar verebilme yeteneği, sensör verilerinin ortak bir dünya modelinin belirli parçası çerçevesinde değerlendirilmesi ile mümkündür. Beklenenden sapma konsepti ile öğrenmek için gereken ilk adım, beklenenlerin çapını çizen ve kabul edilebilir sapma miktarlarına izin veren bir dünya modelidir.

Bu model insanlarda küçük yaştan beri üst üste eklenen ve her deneyimde yeniden organize olan soyut “şey” modellerini içermektedir. Bu soyut şeyler, insanların onlarla yapabilecekleri işler (sağlayıcılık) doğrultusunda değer kazanır.

Motivasyonel ve duygusal olarak doğru şekilde işaretlenen geçmiş deneyimler, onların öğrenim sürecine tutarlı bir şekilde katılmasını sağlar. Bu süreçte deneyimlenen pekiştirme sinyalleri, olası gelecek senaryolarında aynı tepkiyi biraz daha otomatik ve hızlı yapabilmek için yeter. Dünyaya ilişkin modeller olmadan bilişin sürekli ezber tepkiler ile ihtiyaçlarını karşılaması gerekir.

Biliş: Hayal gücü ve onunla birlikte gelen plan yeteneği, varlıkların tek başına hayatta kalabilmesi için sayabileceğimiz son öge olabilir. Algı girdilerinden ve aksiyon çıktılarından bağımsız olarak kendi kendine çalışabilen bir iç döngü, yani biliş, insanın hedefine ulaşabilmesi için aklına gelen seçenekleri önce aklında denemesi, en tehlikeli seçeneklerin elenmesi ve en olası seçeneğin en önce denenmesi için büyük bir önem taşımaktadır. Biliş ve bilincin arasındaki ilişki günümüzde tam olarak anlaşılabilmiş değildir. Hatırlanan bir deneyim ve biliş her ne kadar algı-aksiyon döngüsünden bağımsız olarak çalışsa da, aralarındaki en büyük fark bilişin kontrol edilebilen bir hayal döngüsü oluşudur.

Dış dünyadan ayrı kendi kendine var olan bir döngü olmazsa ve sistem sürekli ilk canlanan tepkiyi verirse kendisi için optimum davranışı seçemez, sistem sadece en hızlı çağrışan davranışı seçebilir. Bu kendi başına çalışabilen döngünün varlığı; geçmiş seçimlerini, şu anki tercihlerini ve gelecek adımlarını sorgulayabilen, farkındalığına/bilince sahip ve bilinçli aksiyonlarda bulunabilen makineler yapmamızı sağlayacaktır.

SONRADAN ORTAYA ÇIKAN YÜKSEK SEVİYE YETENEKLER

Yukarıda bahsedilen olmazsa olmaz yetenekler, aktörün hayatı boyunca diğer aktörlerle ve dünyayla durmaksızın etkileşmesi sonucunda, birbirleri ile ilişkili gözükmeyen olguların aslında birçok ortak özelliği olduğunu ve aslında benzer çalışma mantığıyla çalıştıklarını fark etmemizi sağlar. İkonik ifadelerin netleşmesine, sadeleşmesine ve çeşitlenmesine neden olur. Bu mekanizmalar yeterince deneyim ile birleşince: genelleşmiş navigasyon yetenekleri, mantığın ortaya çıkışı, akıl teorisinin öğrenilmesi ve ortak dil yaratma yeteneği gibi üst seviye yeteneklerin ortaya çıktığı gözlenebilir.

Genelleşmiş navigasyon yetenekleri: İkonik dünya modellerinin manipülasyonu ve navigasyonu, sağlayıcılık konseptleriyle birlikte yeterince damıtıldığında, bir süre sonra bu manipülasyon yetenekleri başka olgular için de kullanılabilir hale gelmektedir. Örneğin hangi işten bahsedersen bahsedelim, her işin bir “başı”, “ara adımları” ve bir “sonu” olması; işleri belirli “yollardan” yapmak istemek ve bazı durumlardan “kaçınmak” gibi konseptler her zaman kullandığımız ifade yöntemlerindendir. Navigasyonel konseptler, birbirinden çok farklı gözükken konseptlerin benzer kategorilerle değerlendirilebilmesini sağlamaktadır ve geçmiş olayların unutulduğunda yeniden yaratılmasında ve gelecek planlarının yapılmasında kolaylık sağlamaktadır. Beynin navigasyondan sorumlu bölümünün hem anıları kaydetmek, hem planlamalar yapmak, hem de hafızayı geri çağırarak için kullanılması, navigasyon konseptlerinin aslında sanıldığından çok daha güçlü, modüler ve evrensel yöntemler olduğunu doğrulamaktadır.

Akıl teorisi: Başka insanların kendilerine özgü gözlemlerinin, motivasyonlarının, geçmişlerinin, yeteneklerinin ve deneyimlerinin olduğunu fark etme ve onları kendi yeterlilikleri doğrultusunda dünyayı optimum şekilde manipüle etmeye çalışan aktörler olduğu hipotezini ortaya atabilme yeteneğine akıl teorisi denir. Akıl teorisi mantıklı bir iletişim kurmak



için gereken ilk adımdır. Herhangi bir iletişim durumunda karşı tarafa dil aracılığıyla bilgi iletme durumu; karşı tarafın buna ihtiyaç duyduğunu tahmin etmek, karşı tarafa anlayabileceği ve tüm bilgileri içeren en kısa mesajı seçebilmek ve konseptlerin benzer/farklı bir karşılığı olduğunun ayrımını yapabilmek gibi akıl teorisine ait öğeler sistemde var olmadan gerçekleşemez.

Ortak dil yaratabilme: Bir iletişim aracı olarak dil, insanların ayrımını yapabileceği tüm farklı olgulara farklı referanslar vermesi ve bu referansları üzerinde sembolik manipülasyonlar gerçekleştirebilecek kadar soyutlayabilmesiyle ortaya çıkan doğal bir olgudur. İlk başta, çocuklar istedikleri objenin sadece adını tekrarlayabilirken, daha sonra objenin adı ve el işareti ile isteklerini iletmeye çalışır. Sonra obje ve ilgili yüklemeleri kullanabilir ve son olarak basit yargıları kullanıp doğal bir şekilde dilin kurallarını öğrenir. Bu yetenekler “denetlenen öğretim” yollarıyla gerçekleşmez, kimse objelerin çocukların gözlerine düşen projeksiyonlarının sınırlarını çizip bu alanlara “etiket” hazırlayarak dili öğretmez ya da çocuklar konuşmayı ebeveynlerinin sonraki kelimelerini tahmin ederek öğrenmezler.

Kelimelerin ne tür bir alet olduğunun tanımlanması insan otonomisini taklit etmek için büyük bir önem arz etmektedir. Heraklitos’un 2500 yıllık “sembol oturtma” problemi olan “Aynı nehri iki kere geçebilir misin?” sorusunu cevaplamaya çalışarak bile rahatlıkla dilin dünyadan referans almadığı, dilin dünyaya işaret ettiğinin farkına varabiliriz. Bu kapsamda kelimeleri, fikirlerin derin ifadeleri ya da iç modelleri değil, derin ifadelerin ve iç modellerin aktarılması için icat edilmiş aletler olarak tanımlayabiliriz. Bu derin ifadelerle ait içeriğin çoğu, kelimeler ile aktarılmaz; kelimeler dinleyici tarafında ilgili bağlamı yaratmak üzere bir karşılık bulmaya çalışır.

Kelimeler, insanların dış dünyada bulabilecekleri ve aksiyon alabilecekleri benzer ama aynı olmayan iki durum arasındaki farkı iletebilmek için doğal büyür ve ölürler. Dil işlemeye giden yol, bağlamları “token”larla oluşturmaktan değil, bir ortam içerisinde yaşayan, o ortamla etkileşip geçmiş deneyimlerini tutabilen ve geleceği hayal edebilen makineler oluşturmaktan geçmektedir.

Mantık ve olasılık: Mantık her ne kadar kendi kendine yetebilen aktörlerde var olması gereken olmazsa olmaz bir yetenek gibi gözükse de bu yetenek aslında uzun bir süreçte öğrenilen bir yetenektir. Başlangıçta alışkanlıklar ve isteklerden oluşan bir sistemin “bir-dünya” modelini mükemmelleştirmesi, bazı üst seviye yeteneklerin ortaya çıkması ile sonuçlanır.

Sebeup-sonuç ilişkisine dayalı beklentiler, mantık için büyük önem arz eder. Bu beklenti ve çağrışım yetenekleriyle birlikte “x olur ise, y olur” ilişkisini kurabilmek mantıklı tahminler için gereken ilk adımdır. Bundan sonra “x olur ise, z kesinlikle olmaz” fikrinden emin olabilmek ve “y ile z birbirlerinden kesinlikle farklıdır” ayrımını yapabilmek mantıklı çıkarımlar yapabilmeyi artık mümkün hale getirir. Bu aşamada akıllı varlık “x olursa ise y olur, z olduğu için x olmamıştır” tarzında kesinlik arz eden mantıksal çıkarımları yapabilir.

Bu dünya modeline daha fazla nüans eklenmesiyle birlikte “ x_1 olur ise y_1 de olabilir, y_2 de olabilir” çeşitliliğini modelleyebilmek varlıkları bir sonraki adıma, yani bilinmezlik durumunda olasılıksal düşünme ve karar verme sürecine hazırlar. Refleksif olarak “ y_1 ’e x_1 de sebep olabilir, x_2 de sebep olabilir” gibi düşünceleri oluşturmak farklı dünya modellerinin bir arada uyum içinde çalışabilmesini sağlar. Olasılıksal düşüncenin son isteri ise “ x_2 de aslında y_2 ’ye sebep olabilir” düşüncesi ile tüm senaryoları tamamlayabilmektir.

Bununla birlikte insanlara çok doğal gelen bir inanma sistemi oluşmaya başlar. Eğer gözlemleyemediğiniz bir değişken [hastalığa neyin sebep olduğu, geçmişte olan olaylar vb. değişkenler, kısaca "x"] hakkındaki inancımız $P(x_1):P(x_2)$ gibi bir oranla başlıyorsa, bu orana "ön yargımız" diyebiliriz. Diyelim ki yeni gözlemimiz $y=y_1$ olsun. Bu durumda inancımızı güncellemek için yapmamız gereken tek şey, y_1 gözlemine x_1 'in sebep olma olasılığını ve x_2 'nin sebep olma olasılığını düşünmektir. O güncel yargımızı, $P(y_1|x_1):P(y_1|x_2)$ oranı ile çarpığımızda yeni inancımız ortaya çıkar. "Önce x_1 olmuş olsaydı şimdi y_1 'yi görme şansım nedir ki?" gibi sorular basitçe " x_1 'in aslında olma imkânı çok yok çünkü o durum böyle bir gözleme yol açamaz" demektir. Bu yetenek insanlara sonu gelmez bir soyutlama yeteneği kazandırır ve bir polislerin pizza siparişi gibi duyulan ihbar aramalarını gizlice anlamalarını sağlar.

SAMANDAN NÖRON ANLAYIŞINDAN SAYISAL NÖRON ANLAYIŞINA

Tüm bu kompleks işlemlerin birim nöronların belirli mimarilerle bir araya gelmesi ile gerçekleştirebildiği bilgisi; hem bu işlemlerin teoride bilgisayarlarla dijital olarak gerçekleştirilebilecek kadar modüler mimariler ile mümkün olduğu teminatını vermekte, hem de bu zekâyâ sahip başka bir örnek dünyada bulunmadığından ötürü tek yolun bu mimariyi belirli bir seviyeye kadar imitasyon yoluna girmek olduğu çıkmazına sokmaktadır. Soru, bu sebeple "mühendislik uygulamaları için bu kadar doğayı taklit gerekiyor mu?" değil, "Bu yetenek için taklidi hangi seviyede bırakmalıyız?" olmalıdır. Öbür türlü ortaya konulan her iş istemeden kargo kültü egzersizlerine kayabilir.

Kargo kültü, ilk defa Melanezya'da 2. Dünya Savaşı zamanında gözlemlenmiş bir olgudur. Müttefik Kuvvetler'in askeri güçleri Melanezya'ya vardıkları zaman adada dış dünyadan izole yaşayan kabileler, bu askerlerin çoğu ihtiyacının "zenginliklerle dolu" ve paraşütle bırakılan kargolar tarafından karşılandıklarına şahit olmuşlardır. Gördüklerine anlam verebilmek için gereken bilgi birikimine, konseptlere, teorilere ve kelimelere sahip olmayan bu kabileler doğal olarak "gökyüzündeki kuşların" kendi kabilelerinin de ihtiyaçlarını karşılaması için belirli ritüeller oluşturmaya karar vermiştir. Umdıkları şey, eğer adalarına gelen ve giden bu askerleri yeterince taklit edebilirlerse gökyüzünden gelen kargolar ile ödüllendirilecekleridir. Bu ritüellerin arasında askerlerin günlük aktivitelerini ve egzersizlerini gördükleri kadarıyla taklit etmek; askerlerin giysilerini, aletlerini, çadırlarını ve silahlarının



Kargo kültürünün yaptığı saman uçaklara bir örnek

benzerlerini yapmak, hatta yerde görebildikleri uçakların samandan kopyalarını yapmak suretiyle "gökyüzündeki kuşların" dikkatini çekmeye çalışmak yer almaktadır.

Bu bilgilerin ışığı altında belki kendi mühendislik pratiklerimizi ve paradigmalarımızı yeniden değerlendirmek faydalı olacaktır. Belki de mühendisler olarak kendi sıkıntılarımızı çözebilmenin yolu, önce Melanezyalıların sıkıntılarını çözmekten geçmektedir. Diyelim ki 2. Dünya Savaşı vakitlerinde Melanezya'yı ziyaret ettiniz, orada gerçekten açık fikirli ve gerçekten o kargoları isteyen bir Melanezyalıya rastladınız. Ona aslında ne olduğunu anlatmak istiyorsunuz ve o kargoları nasıl alabileceğine dair açık bir kapı bırakacak şekilde kendinizi ifade etmenin en iyisi olduğuna karar verdiniz. Ne derdiniz?

Muhtemelen ona anlatacağınız şey, dışarıda büyük birliklerin belirli kaynaklara erişim sebebiyle çıkan bir ölüm kalım savaşı içinde olduğu, bu birliklerin birçok farklı tipten insanların ortak bir hayatta kalma çabasıyla kurulduğu olacaktır. Bu birliklerin kendileri için en yararlı aksiyonu en kısa sürede alabilmeleri için başlarında ülkelerin gidişatlarına sürekli hâkim olan yöneticiler olduğu, bu yöneticilerin teker teker insanlar için iyi olanı seçmektense tüm ülke için en iyi olanı seçmekle görevlendirildiği ve aslında tüm insanlara karşı sorumlu oldukları, savaş durumlarına hazırlıklı olmak için ülkelerin her katmanda belirli organizasyonların olduğu olgusundan bahsedebilirsiniz. Aslında her birey kendi aksiyonlarını alsa bile emir komuta zinciri altında bu organizasyonların bir hareket etmesi ve bu şekilde kendi başlarına yapamayacağı şeyleri ortaya koyabildikleri, bu organizasyonların nesilden nesile iyileşen know-how'larla günümüzdeki müktedir forma ulaştıkları, bu organizasyonların birbirlerine herkesin yararı için yardım ettikleri ve ellerinde

yardım etmek için belirli mekanizmalar olduğunu anlatmak işe yarayacaktır. Bu mekanizmalardan genellikle yakıt kullanan ve fizik kuralları göz önünde bulundurularak inşa edilen yapılar olduğu, bazılarının yardımcı olabilecek materyaller ve bilgiler taşıdığı, bazı bireylerin bu birliği savunurken hayatlarını feda etmeye hazır olduğu ama bunun için gerekli yardımı başka organizasyonlardan beklediği, bu bireylerin uzak mesafeler arasında başarılı iletişim kurabilmesi durumunda alıcının gerekli yardımı sağlayıp sağlayamayacağını tartması ve o önceki bahsedilen mekanizmalarla bu yardımın iletilmesi şeklinde bir açıklama yapabilirsiniz. Melanezyalıları son olarak aslında sadece bu son işi gözlemlediklerini belirtebilirsiniz. Bu detayların rastgele bir araya gelmediğini ve ama o kargoları istiyorlarsa bilmecenin tüm parçalarını bir araya getirmeleri durumunda o kargoları gökyüzünden bekleyebileceklerini söylemek yalan olmazdı.

Onlara gözlemleyemedikleri bu kadar değişkeni içeren bir “birlik teorisi” verdikten sonra onlardan tek bekleyebileceğiniz şey; bu teorinin doğru olduğu kanısıyla başlamaları, bu teoriyi çürütebilecek kanıtlar aramaya çalışmaları ve eğer o kanıtlar bu teoriyi çürütmektense destekliyorsa bu fikrin doğru olduğuna dair bir güven duygularını arttırmaları olabilir. Fark ettiğiniz üzere doğru bir “birlik teorisi” olmadan herhangi bir gözlem, herhangi bir fikri ispatlamak ya da çürütmek için kullanılabilir, ama işe yarayabilecek tek teori tüm gözlemleri mükemmel şekilde açıklayabilecek olan kendi içinde tutarlı ve ispat edilebilen bir “birlik teorisi”dir.

Tamamen biz mühendislerin şansımıza, eğer yukarıda bahsettiğim her “birlik” kelimesini “varlık” ile, her “insan/birey” kelimesini “işlem birimi” ile değiştirirseniz kendi otonomi problemimizi çözebilecek bir “otonomi teorisi”ne varabilirsiniz. Bu sebeple “zekâ”nın, zorlu bir dünyada kendi kendine yetip pozitif bir değişiklik yaratma gereksinimi duyan çok hücreli organizmalarda bu organizmanın iyiliği için uğraşan “spesifik” organizasyonların aralarında bilgi işleme ve bilinmezliği azaltma işlerini paylaşma uğraşısıyla ortaya çıkan dinamik bir savaşa ait yüzeysel bir tanım olduğunu söylemek zaten muhtemelen yanlış olmazdı.

SONSÖZ

Kısaca, mühendisler olarak önümüzde 2 yol gözüküyor: çok daha zor olan yol ve zor olan yol. Çok daha zor olan yol, mühendislik yapmaktansa ve insan beyninden ilham almaktansa nöral ağlarda olabilecek tüm mimari kombinasyonlarını ve tüm fonksiyon kombinasyonlarını sadece bir sonraki makaleyi bitirecek şekilde manuel olarak denemek, başka bir deyişle sonsuz-boyutlu program uzayında doğru programı bulmaya çalışmak. Zor olan yol ise, hali hazırda var olan dünyanın en iyi makinesi olan insan beyninden kopya çekmek ve sıkıştığımızda ona geri dönebilme alışkanlığını kazanmak. Bu sebeple bu yapıların biyolojik olarak birbirleriyle nasıl “konuştuğunu” öğrenmek ve bu alandaki çalışmaları mühendislik çalışmalarına entegre etmek bu yeteneklerin imitasyonu için konusunda fevkalade bir önem arz etmektedir. Bu yaklaşımın en büyük albenisi, insan beyninden kopya çekme fikri aklınızda uyandığında, nerede olursanız olun her odada en az bir tane beyin bulabileceğinizdir.

Bu yeteneklerin birbirleriyle tamamen iç içe geçmiş bir şekilde var olması ve birbirlerinde ayrılmaz oluşları, o an elde var olan modele iteratif şekilde yeni özellikler eklenmesi yoluyla istenen bütüne ulaşamayacağımız fikrini güçlendirmektedir. İnsanın dış dünya ile etkileşiminde görebileceğimiz tek sabit, her şeye özelleşebilecek genel bir sistemin kendine işler seçmesi ve işe yeterince vakit harcadıkça o işte özelleşmesidir.

Kanım odur ki, geleceğin en güzel senfonisi “senfoni yazıcı yapay zekâ” modülü tarafından değil, ancak ve ancak “senfoni yazmakta özelleşmeyi seçmiş varlıklar” tarafından yazılabilir. Mühendisler olarak “aletler” yerine dijital “iş arkadaşları” inşaat etmeye çalıştığımız gün bir devrin kapanıp bir sonrakinin açılacağı gündür.

OTONOMİYE GİDEN YOLDA UZAMSAL BİLİŞ

Osman Nuri GÜNEŞ



Felsefe bizi sorular sormaya yöneltirken bu sorulara analitik yaklaşımla cevaplar aramak "Otonomi" gibi oldukça soyut bir kavramı dahi bir ölçüde somutlaştırmamıza yardımcı olmaktadır. Birçok sistemde olduğu gibi cevaplar ilk olarak problemin kaynağında, yani doğadaki sistemlerde aranmaktadır. Bu yönüyle otonomi çalışmaları biyo-esinlenmeli sistemler başlığı altında değerlendirilebilir.

Bir otonom sistemin sağlaması gereken temel kriterler için araştırmacılar arasında net bir fikir birliği bulunmamaktadır. Mevcut durumda ortaya çıkan insansız araçlardan aşağıdaki temel maddeleri karşılayabilen sistemlerin ilgili firmalar tarafından otonom olarak tanımlandığı görülmektedir:

- Algılama [Sensation]
- Karar Verme [Decision Making]
- Eyleme Geçme [Action]

Henüz araştırma seviyesinde bulunan daha ileri çalışmalarda ise zihinsel tarafa daha yakın konular çalışılmaktadır.

- Algı [Perception]
- Anlam [Semantic]
- Fikir Birliği [Consensus]
- Davranışsal [Behavioral]
- Duygusal [Emotional]
- Muhakeme [Reasoning]

İlk gruptaki maddeler bir robotun dışarıdan bildirilen bir amaç doğrultusunda bazı işleri kendi görmesi için gereklidir. Örneğin hedef araca ilişkin koordinat ve model bilgileri verilmiş bir insansız hava aracı kendi başına kalkış yaparak hedefine gidebilir. Hedef koordinatlara gelindiğinde elindeki model bilgilerini kullanarak aracı aramaya başlar. Tespit ettikten sonra takip ederek atış emrine müteakip

imha edebilir. Bu olayda kalkış, hedefe gidiş, arama, tespit, takip, atış gibi alt-görevler kendi başına, yani otonom olarak gerçekleştirilmiştir. Ancak hedef koordinatları, modeli ve atış komutu operatör tarafından verilmiştir. İnsansız hava aracımızda niçin sorusunun cevabı bulunmamaktadır. Bu işlemleri gerçekleştirebilmesi için bazı aşamalarda operatörden alacağı üst seviye komutlara ihtiyacı bulunmaktadır. Yine de birtakım kurallardan basit çıkarımlarda (deduction) bulunabilmektedir.

Teknolojinin ilerlediği yolda arzu edilen otonomi seviyesi insansız sistemlerin (birden fazla olabilir) dışarıdan bir komut almadan kendi başlarına bu işlemleri gerçekleştirebilmesi; bunun yanında yaptıkları işlere dair niçin sorusunun cevabını bir insanın anlayabileceği ölçüde açıklayabilmesidir. Bu sistemlerin hayata geçirilmesi için felsefeden başlayarak psikoloji, fizyoloji ve sinirbilim gibi birçok alandan faydalanılmaktadır.

Otonom bir sistemden beklenen en temel özelliklerden biri kendi başına hareket edebilmesidir. Bunun için bulunduğu ortam hakkında görevin niteliği ölçüsünde veri toplamalıdır. Örneğin bir noktadan diğerine gidebilmesi için konum, yönelim

ve yol hakkında bilgi sahibi olmalıdır. Önüne çeşitli engeller çıktığında kaçınma manevraları yapması gerekir. Nihayetinde hedefe ulaştığını anlayabilmelidir. Aksi takdirde otonom sistemimiz nereye, nasıl, hangi yoldan gideceğini bilemeyeceği için görevini yerine getiremeyecektir.

Bahsi geçen otonom sistemden aynı zamanda "akıllı [intelligent]" olması da bekleniyorsa öncelikle konum, yönelim ve çevreleri hakkındaki verilerden bulunduğu ortam hakkında bilgi (information » knowledge) çıkarmalı; sonrasında ise bu bilgilerden çeşitli çıkarımlarda (inference) bulunabilmelidir. Nihayet, bu çıkarımlar üzerinde akıl yürüterek (reasoning) daha üst seviye sonuçlara ulaşabilmelidir.

Otonom sistemlerin konum, yönelim, şekil, boyut gibi geometrik özelliklerden yola çıkarak bulundukları ortamdaki nesne ve olayları değerlendirmesi, bunlara dair çıkarımlar yapması ve bu çıkarımlardan birtakım sonuçlar elde etmesine yönelik çalışmalar "Uzamsal Biliş" (Spatial Cognition) başlığı altında sınıflandırılabilir. Bu cümledeki iki kelimeye dikkatli bakıldığında uzamsal biliş kavramı daha net anlaşılacaktır:



"Nereye gideceğini bilmiyorsan, hangi yoldan gittiğinin hiçbir önemi yok." Alice Harikalar Diyarında



- Geometrik – Geo: Dünya ile ilgili Metrik: Ölçüm ile ilgili
- Biliş [Cognition] – Canlılarda ve akıllı makinelerde bilginin [knowledge] elde edilmesi, işlenmesi ve bir amaç doğrultusunda kullanımı

Teoride uzamsal biliş, gelişmiş bir otonom sistemin içinde bulunduğu ortam hakkında farkındalık oluşturmasını sağlamaktadır. Uygulamada ise çözülmesi gereken birtakım temel problemler bulunmaktadır.

- Oluşturulmak istenen farkındalığın net olarak bir tanımı bulunmamaktadır. Yetişkin insanlarda dahi uzamsal akıl yürütmenin [spatial reasoning] net sınırları çizilememiş, gelişimi devam eden bir yetenek olarak tanımlanmıştır.
- İnsanlar çevreleri ile etkileşime girerken oldukça gelişmiş sistemler kullanır. Özellikle bir insanın etraftan aldığı birtakım sinyalleri haritalama ve navigasyon amacıyla kullanabilmek için ne şekilde işlediğine dair mekanizmalar henüz çözülememiştir.
- 2014 Fizyoloji alanında Nobel Ödülü alan O'Keefe ve Moser Çifti canlıların uzamsal biliş yeteneklerinin altında yatan fizyolojik mekanizmaya dair bulgular keşfetmiştir. Fareler üzerinde yapılan deneylerde bulunduğu ortamda hareket ettikçe ortamdaki çeşitli geometrik özelliklerin değişimine göre sinyal üreten farklı tip hücrelerin varlığı ortaya çıkarılmıştır.
 - O'Keefe, 1971 yılındaki deneyinde bir farenin belirli bir konumda bulunduğunu zannettiği zaman beyindeki "Hippocampus" bölgesinde

bulunan spesifik hücrelerin sinyal ürettiğini görmüştür. Diğer konumlar için ise yine farklı diğer hücreler aynı görevi yerine getirmektedir. "Place Cell" ismini verdiği bu hücrelerin ortamın haritasını tutmakla görevli olduğunu öne sürmüştür.

- 2005 yılında yapılan bir başka çalışmada ise Moser çifti beyin "Entorhinal Cortex" bölgesinde bulunan hücrelerin fare belirli noktalardan geçtiğinde aktifleştğini keşfetmiştir. "Grid Cell" olarak tanımladıkları bu hücrelerin aktifleştği noktalar zeminde petek deseni oluşturmaktadır. Moser çifti bu hücrelerin navigasyon amacıyla kullanılan bir koordinat sistemi oluşturduğunu öne sürmüşlerdir.

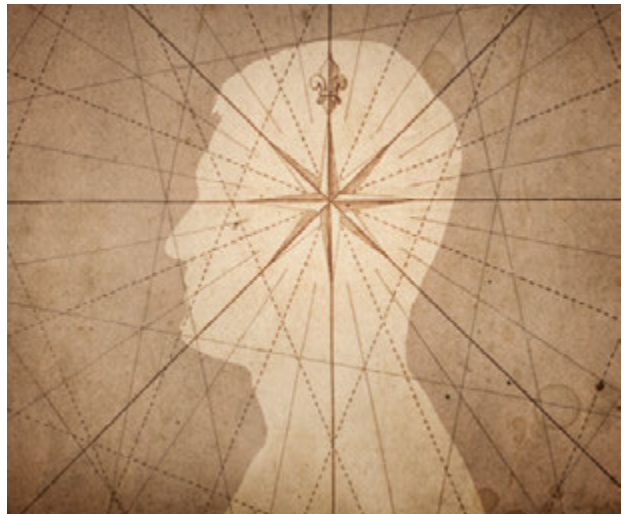
Hatta bu hücreler entorhinal cortex bölgesinde bulunan diğer hücrelerle birlikte;

- Baş açısı,
- Odanın sınırları,
- "Place Cell" hücreleri arasında bir ağ bağlantısı,

gibi diğer geometrik verileri üreterek beyin içinde gelişmiş bir konumlama sistemini oluşturmaktadırlar. Son olarak faredeki bu yapının insanda bulunan hücre yapısı ile oldukça benzerlik gösterdiği keşfedilmiştir.

- Bu tip çalışmalar robotikte yeni tip konumlama
 - navigasyon mimarilerine ilham vermeye başlamıştır.

ASELSAN Araştırma Merkezinde yukarıda bahsi geçen maddeler üzerinde çeşitli seviyelerde araştırmalar yürütülmektedir. Dünyadaki mevcut gidişat yakından takip edilmekte; otonomi kavramı geniş bir çerçevede ele alınarak bu doğrultudaki çalışmalar için bilgi birikimi artırılmaktadır.





OED

Otomatik Eksternal Defibrilatör

OED'nin kullanılması gereken durumlarda kaybedilen her dakika hayatta kalma şansını %10 azaltır. Aselsan Heartline OED şoklanması gereken kalp ritimlerini yüksek doğrulukla belirler; doğru zamanda gereken şoku uygular. Tam otomatik ve yarı otomatik versiyonları mevcuttur. Kullanıcı dostu arayüzü sayesinde görsel ve sesli yönlendirmeler ile etkin bir kalp masajı da dahil ilk yardım rehberliği sağlar. Hızlı şarj özelliği de sunan Aselsan Heartline OED ilk yardım sürecinin vazgeçilmez parçasıdır.

www.aselsan.com



aselsan

ROS NEDİR? GÜNÜMÜZDEN ÖRNEKLER VE KULLANIM ALANLARI

Burak Han DEMİRBİLEK



ROS NEDİR?

ROS (Robot Operating System, Robot İşletim Sistemi), 2007 yılında Willow Garage firması tarafından Stanford Üniversitesi Yapay Zekâ Laboratuvarında yapılan çalışmaların sonucunda oluşturulan bir robotik yazılım platformudur. Farklı bir deyiş ile robotlar için açık kaynaklı bir meta-işletim sistemi olarak tanımlanan ROS, temelde bir işletim sisteminden beklenen donanım katmanının soyutlanması, donanım seviyesindeki cihazların kontrolü, sık kullanılan fonksiyonların hazır biçimde kodlanması, işlemler arasındaki mesajlaşmanın sağlanması ve paket yönetimi konularını robot sistemleri için gerçekleştirmesi nedeniyle robot işletim sistemi olarak adlandırılmıştır.

ROS robotik yazılım platformunu diğer platformlardan ayıran bazı temel amaçları bulunmaktadır. Bunlar:

- Robotik araştırma ve geliştirme çalışmalarında kullanılan kodların tekrar kullanılabilirliğini, açık kaynak paylaşımını ve birlikte çalışabilirliği artırmak, geliştirmek.
- Yazılım platformu olarak olabilecek en az düzeyde kullanıcı kodlarını etkilemek, yazılım çerçevesi katmanının ince olması. Yazılan kodların diğer robotik platformla da entegre edilebilmesi.
- ROS bağımsızlığın artırılması amacıyla iyi ve açık tanımlanmış kod arayüzleri. Yazılım platformunun, ROS agnostik olarak geliştirilmesi.
- Programlama dili bağımsız olarak geliştirmeye açık olması. Modern programlama dilleri ile geliştirilebilmesi [Python, C++, Lisp vb.]
- Ölçeklenebilir olması. ROS'un her boyuttaki sistem ve geliştirme süreçlerine uygun olabilmesi.

Şeklinde açıklanmış ve bu yönde 2007 yılında bu yana açık kaynak topluluklarının desteği ile günümüzde robotik sistemler için bir standart haline gelmiştir.

ROS NASIL ÇALIŞIR?

ROS yazılım platformu, içerisindeki süreçlerin birbirlerine esnek bağlı [loosely coupled] olduğu, bu işlemlere düğüm [node] adı verildiği ve her düğümün sadece bir işten sorumlu olacağı şeklinde tasarlanmıştır.

Düğüm birbiri ile konu [topic] adı verilen dijital kanallar ile haberleşebilir. ROS haberleşme sisteminde, duyurma/yayınla-abone olma [publish-subscribe] sistem modeli kullanılmaktadır. Konulara abone olan ve yayın yapan düğümler arasında veri alışverişinin sağlanabilmesi için ise sistem dizaynı gereği bir ana [master] düğüm sistem tarafından oluşturulmaktadır ve bu düğüm ROS sistemindeki düğümleri adlandırma ve kayıt hizmeti sağlamaktadır. Düğümlerin sistem üzerindeki bağlantılarının sağlanması için ise ROS içerisinde TCP/IP [Transmission Control Protocol / Internet Protocol] kullanılmaktadır.

ROS 2 VE DDS

ROS'un 2007 yılında tasarlanan mimarisinin günümüz robotik topluluğu ve ihtiyaçlarının değişmesinden kaynaklı olarak, yeni bir ROS versiyonu ROS2, günümüz standartlarına uygun teknolojiler ve kullanım alanlarına uygun olacak biçimde 2015 yılında yayınlanmıştır.

ROS1'in oluşturulduğu tarihten bu yana temel karakteristiği aşağıdaki gibi olmuştur:

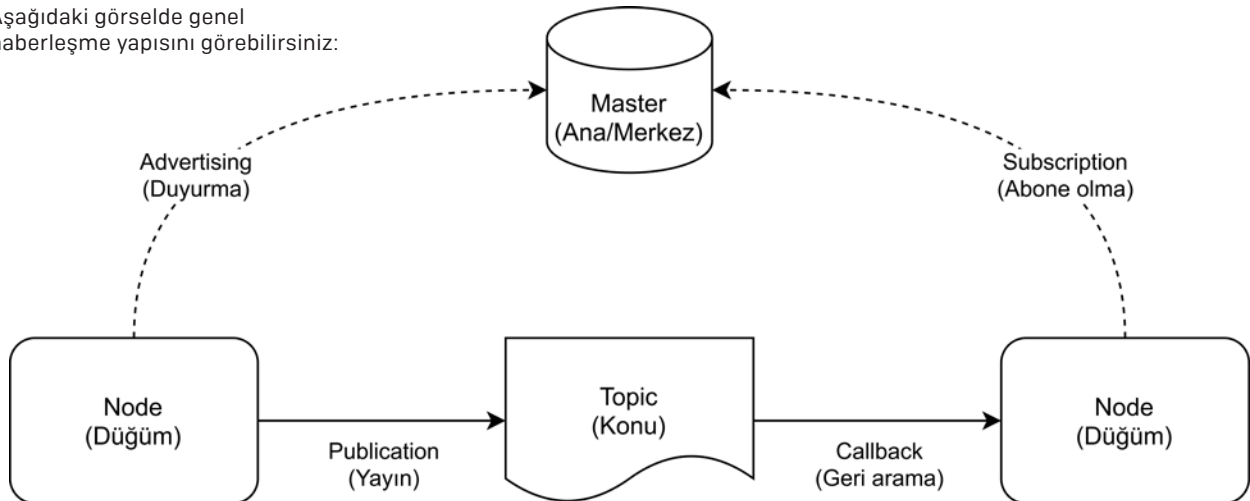
- Tekil robot
- İş istasyonları/bilgisayarlar robot üzerinde
- Gerçek zaman gereksinimlerinin bulunmaması
- Mükemmel ağ bağlantısı [kablolu veya yakın, yüksek bant genişlikli kablosuz ağ]
- Ağırlıklı olarak akademik çalışmalar
- Maksimum yazılım/kod esnekliği

Günümüzde ise özellikle robotik topluluğunun ihtiyaçları aşağıdaki maddeler şekline bürünmüştür:

- Çoklu robotlar
- Küçük ve gömülü bilgisayar platformları
- Gerçek zamanlı sistemler
- İdeal olmayan ağlar [ağ içerisinde gecikme ve/veya kayıplar, zayıf kablosuz bağlantılar]
- Yazılımın seri üretimde kullanılması
- Kod esnekliğinin sağlanması

Değişen ihtiyaçların yeni teknolojiler ile birlikte karşılanabilmesi ve bunun yapılırken mevcut sistemlerin çalışmaya devam edebilmesi amacıyla ROS1 değiştirilmeden ROS2 adındaki yeni bir versiyon DDS [Data Distribution Service, Veri Dağıtım Servisi] sisteminin üzerine oluşturulmuştur.

Aşağıdaki görselde genel haberleşme yapısını görebilirsiniz:





UZAYDA ROS

ROS, artık günümüzde uzay da dahil olmak üzere sayısız alanda kullanılmakta ve özellikle uzay alanındaki çalışmalar, ROS'un bu denli kritik ve yüksek bütçeli çalışmalarda dahi kullanılabilir olması diğer çalışmalara örnek olması açısından oldukça fazla önem teşkil etmektedir.

- 2013 yılında NASA Intelligent Robotics Group [NASA Akıllı Robotik Grubu] direktörü Terry Fong'un "ROS in Space" isimli sunumu ile kamuoyuna açıklanan çalışmalarda ROS1'in uzay istasyonu testleri çalışmalarında kullanıldığı bilgisi yer almıştır.
- Günümüzde ise NASA'nın Uluslararası Uzay İstasyonunda [ISS] kullandığı Astrobeer isimli yardımcı robotların yazılımlarını açık kaynak olarak (<https://github.com/nasa/astrobeer>) paylaştığı ve altyapı olarak bu robotlarda ROS kullanıldığı görülmüştür.

- RosWorld 2021 konferansında ise NASA Johnson Space Center, Robotik Sistemler Teknolojileri Lideri Kimberly Hambuchen'in sunumunda NASA'nın "Space ROS" ismini verdiği uzay-nitelikli ROS platformu üzerine çalışıldığı paylaşılmıştır.





İHTAR

Anti-Drone Sistemi

İHTAR, ASELSAN'ın mini ve mikro İHA tehditlerini şehir ve kırsal ortamda etkisiz hale getirmek için geliştirmiş olduğu bir drone karşı tedbir sistemidir. Kritik tesislerin korunması, yasadışı sızmalara karşı sınır güvenliği, kalabalık organizasyonların korunmasında kullanılmaktadır.

www.aselsan.com



aselsan

YAPAY ZEKÂ İLE ROBOTLAR KONTROL EDİLEBİLİR Mİ?



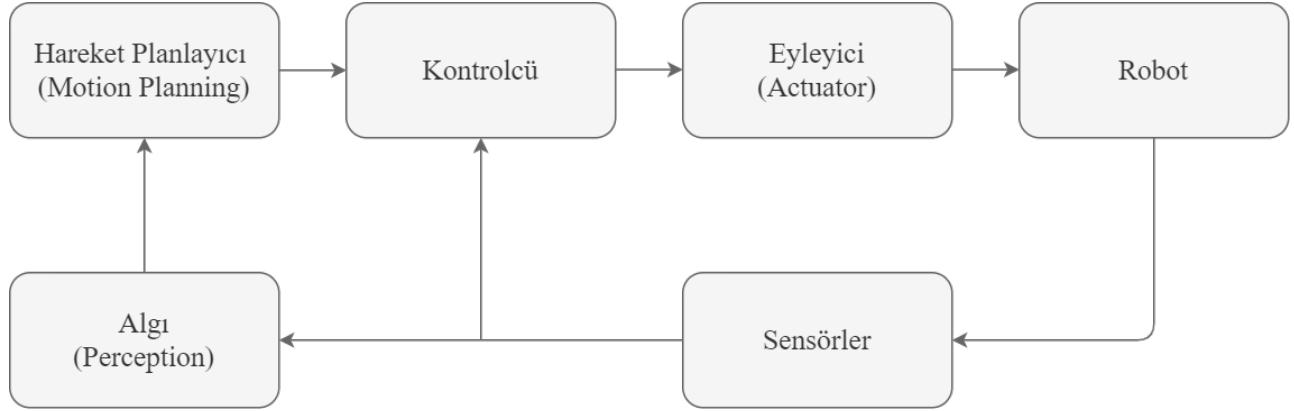
Ahmet Semih TAŞBAŞ

Günümüzde işlem gücü ve verilerin artmasıyla birlikte birçok alanda yapay zekâ tabanlı uygulamalar geliştirilmektedir. Doğal dil işleme, uzman sistemler, bilgisayarlı görü, kaynak planlama, sürü zekâsı, kimya ve sağlık bu alanlardan sadece bazılarıdır. Bu alanlardan bir tanesi de robotik olmuştur.

Bir robot temelde Şekil 1'de gösterildiği gibi sensör, algı, hareket planlayıcı, kontrolcü ve eyleyici bölümlerinden oluşmaktadır. Bu bölümlerin birçoğunda yapay zekâ uygulamaları geliştirilmiş ve geliştirilmeye de devam edilmektedir. Örneğin, algı bölümünde görüntü verisi kullanılarak nesne tespiti, takibi ve sınıflandırması veya robotun üzerindeki sensörler kullanılarak karar verme problemlerinin

çözülmesi bu uygulamalara örnek gösterilebilir. Son yıllarda bu uygulamalara ek olarak yapay zekâ tabanlı kontrolcü çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmalardan bazıları algıdan başlayarak kontrolcü çıktısı olarak tek bir blok halinde uçtan uca kontrolü sağlarken, bazıları da küçük bir blok içerisindeki karar verme yapısını oluşturabilmektedir. Bu çalışmalara bazı örnekler verebiliriz.

Gerçekleştirilen bir akademik çalışmada dört pervaneli robot helikopter herhangi bir düşük seviyeli kontrolcü kullanılmadan rastgele bir konumdan elle fırlatılmış ve istenilen pozisyonda kararlı bir şekilde kalabilmiştir. Bu aracın bir görseli Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu çalışmada derin pekiştirmeli



Şekil 1 – Basitleştirilmiş robot diyagramı

öğrenme tabanlı yöntemler kullanılmıştır. Aracın yönelimi, pozisyonu, doğrusal ve açısal hız değerleri yapay sinir ağlarına girdi sağlamış ve pervanelere gönderilecek rotor itki kuvveti çıktı olarak elde edilmiştir. Eğitim işlemi gerçekleştirilirken basit kontrolcüler kullanılırken test işlemi sırasında sadece yapay zekâ tabanlı kontrolcü kullanılmıştır.

Çalışılan bir diğer alan ise hali hazırda var olan kontrol teorisi tabanlı yöntemlerin yapay zekâ ile desteklenmesi ve geliştirilmesi üzerinedir. Örneğin bir çalışmada, adaptif Proportional Integral Derivative (PID) kontrolcüsü pekiştirmeli öğrenme teknikleriyle desteklenmiştir. PID kontrolcüsünün her bir parametresi adaptif olarak güncellenmiş ve kalıcı durum hatasının azaldığı görülmüştür. Literatür tarandığında kontrol teorisi ve makine öğrenmesinin birleştirilmeye çalışıldığı birçok çalışma olduğu görülmektedir.

Bu alanda gerçekleştirilmiş birçok çalışma olmasına rağmen yapay zekâ ve robotiğin bulunduğu noktada birçok zorluk ile karşılaşmaktadır. Bunlardan ilki eğitilen modellerin çok fazla veriye ihtiyaç duymasıdır. Derin öğrenme modelleri doğrusal olmayan ve yüksek boyuta sahip problemleri çözmede başarılı sonuçlar ortaya koymaktadır. Fakat bu başarıyı yeterli veri ile gerçekleştirebilmektedir. Robotik uygulamalarda ise veri genellikle deneme yanılma yolu ile elde edilebilmektedir. Bu da fiziksel ortamdan veri elde etmeyi zor hale getirmektedir. Çünkü bir insansız hava aracını kontrol etmek istediğimizde birçok deneme yapmamız gerekecektir. Bu denemeler sırasında aracın kırılması veya etrafa zarar vermesi çok olasıdır. Bundan dolayı veriyi daha verimli kullanabilen algoritmalar üzerine çalışmalar devam etmektedir. Bir diğer zorluk yapay zekâ modellerinin gürbüzlüğünün



Şekil 2 – Elden atılan dört pervaneli robot helikopterin kendini stabilize etmesi

doğrulanamamasıdır. Özellikle pekiştirmeli öğrenme tabanlı yöntemlerde verinin dağılımı kontrol edilemediği için eğitim sırasında belli kalıplar aşırı öğrenilebilir ve genelleme gerçekleştiremediği için test aşamasında başarısızlıklar ile karşılaşılabilir. Olası kazaların önlenmesi, farklı algoritmaların test edilebilmesi ve değişik eğitim koşullarının oluşturulabilmesi açısından simülasyonlar önemli bir yere sahiptir. Birçok akademik çalışmada ilk denemeler simülasyon ortamında gerçekleştirilmektedir. Fakat bu konuda yaygın görülen problem simülasyon ve gerçek hayat arasında fark olabilmesidir. Simülasyon üzerinde eğitilen yapay zekâ modellerinin başarılı bir şekilde robota aktarılabilmesi için gerçeğe yakın simülasyon altyapılarının oluşturulması önem kazanmaktadır.

Bu zorluklara rağmen birçok başarı ile sonuçlanmış çalışma literatürde mevcuttur. İlerleyen yıllarda veriyi daha verimli kullanabilen ve açıklanabilir yapay zekâ algoritmalarının geliştirilmesiyle bu problemlerin çözüm bulacağı düşünülmektedir.

NEREDE OLDUĞUNU BİLİYORUM: HEDEF YÖNÜ TESPİTİNDE YENİ YÖNTEMLER

Berkan KILIÇ

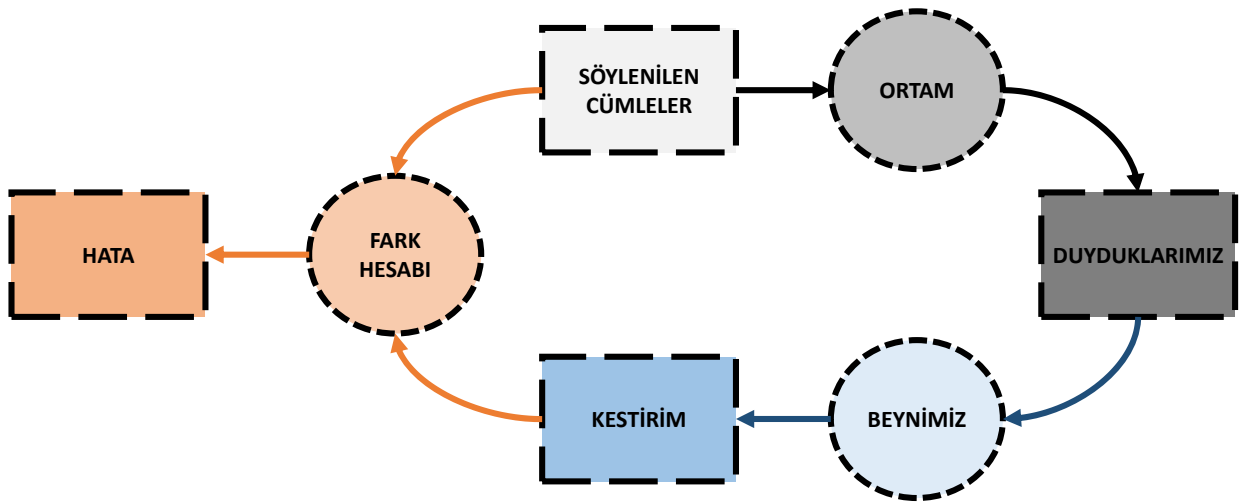


Kestirim teorisi, sinyal işleme alanında pek çok uygulamaya sahip, yaygın çalışma konularından birisidir. Tipik olarak elimizde, elde edilmek istenen bilginin işlem görmüş ve/veya bozulmuş durumlarını içeren ölçümler mevcuttur. Kullanılan kestirim algoritmalarının amacı, bu ölçümler kullanılarak doğruluğu olabildiğince yüksek kestirimler elde etmektir.

Kestirim teorisine gerçek hayattaki bir örnek üzerinden bakmak, bu alanın ne olduğunu anlamak açısından faydalı olacaktır. Örneğin gürültülü bir ortamda bir arkadaşımızla konuştuğumuzu düşünelim. Ortam gürültülü olduğu için arkadaşımızın dediklerini duymamız zor olacaktır. Hatta zaman zaman, arkadaşımızın cümlelerindeki bazı kelimeleri kaçırdığımız için cümlenin bir kısmını duyup, kalanını kendimiz tamamlamak zorunda kalırız. Bu durumda arkadaşımızın söylediği cümleler istenen bilgi, duyduklarımız ölçümlerimiz, gürültülü ortam ise bozucu/değiştirici ortam olarak düşünülebilir. Bulunduğumuz ortam, arkadaşımızın söylediği cümleler ile bizim duyduklarımız arasında bir ilişki kurar. Başka bir deyişle, arkadaşımızın söylediği cümleleri bozarak/değiştirerek bize ulaştırır. Beynimiz, girdi olarak aldığı bozulmuş sesleri (ölçümlerimizi) bir dizi işleminden geçirir ve anlaşılabilir cümleler üretmeye çalışır. Beynimiz tarafından işlenmiş cümlelere kestirim diyebiliriz. Genellikle elde edilen kestirim, istenen bilgi ile

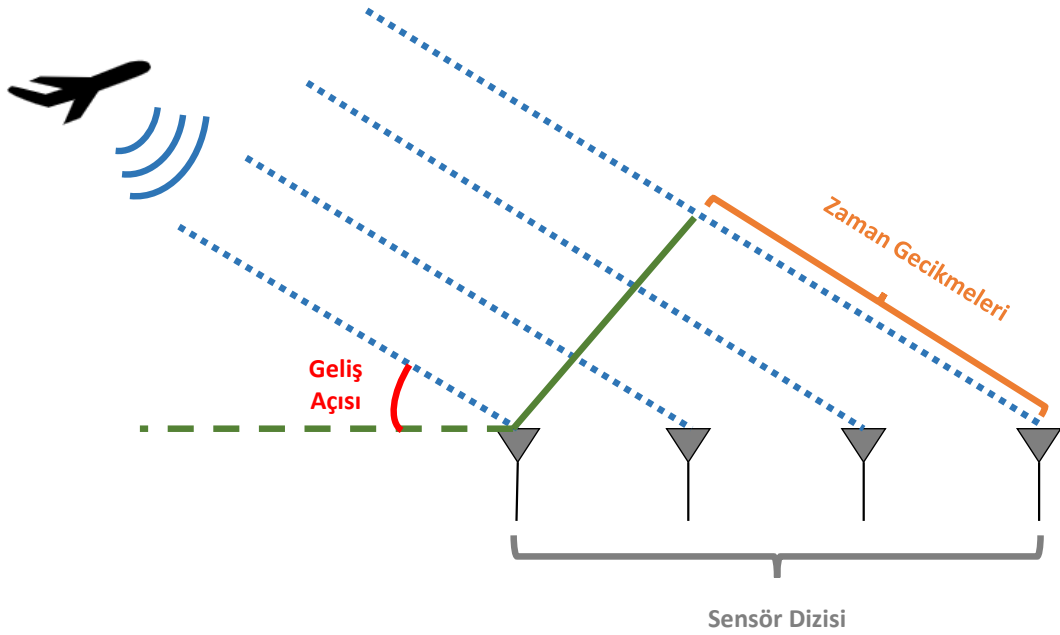
tamamen aynı olmayacaktır. İstenen bilgi ile kestirim arasındaki farka hata denir. Hata, farklı şekillerde tanımlanabilir ve hata hesabında, bu yazıda detaylarına girilmeyecek pek çok farklı metrik kullanılabilir. Şekil 1'de betimlenen sahne şematik olarak sunulmaktadır.

Geliş açısı kestirimi (yön bulma); radar, sonar, elektronik harp ve kablosuz iletişim gibi konularda yaygın uygulamalara sahip geniş bir araştırma konusudur. Geliş açısı kestirimi problemlerinde, kestirilmek istenen parametreler izlenen hedeflerin geliş açılarıdır. Geliş açısı kestiriminin gerçekleştirilebilmesi için, uzaysal farklılık içeren ölçümlerin alınması gerekmektedir. Bu tıpkı, zamansal bir olgunun gözlenebilmesi için farklı zamanlarda ölçüm alınması gerekliliğine benzer. Ölçümlerin uzaysal farklılık içermesi için, tipik olarak sensör dizileri kullanılır. Sensör dizisi kullanımının yanında, tek bir sensörü hareket ettirerek farklı zamanlarda farklı noktalardan ölçüm alma yöntemiyle geliş açısı kestirimi yapmak da mümkündür. Ancak bu yaklaşım sensör dizileri kadar yaygın kullanılmaz. Sensör dizileri ile gerçekleştirilen geliş açısı kestiriminde, izlenen hedefin yaptığı (veya hedeften yansıyan) yayın, her bir sensöre farklı zamanlarda ulaşır. Oluşan bu zaman gecikmeleri sayesinde geliş açısı kestirimi yapılabilir. Basit bir geliş açısı kestirimi sahnesi Şekil 2'de resmedilmiştir.



Şekil 1

Şekil 2

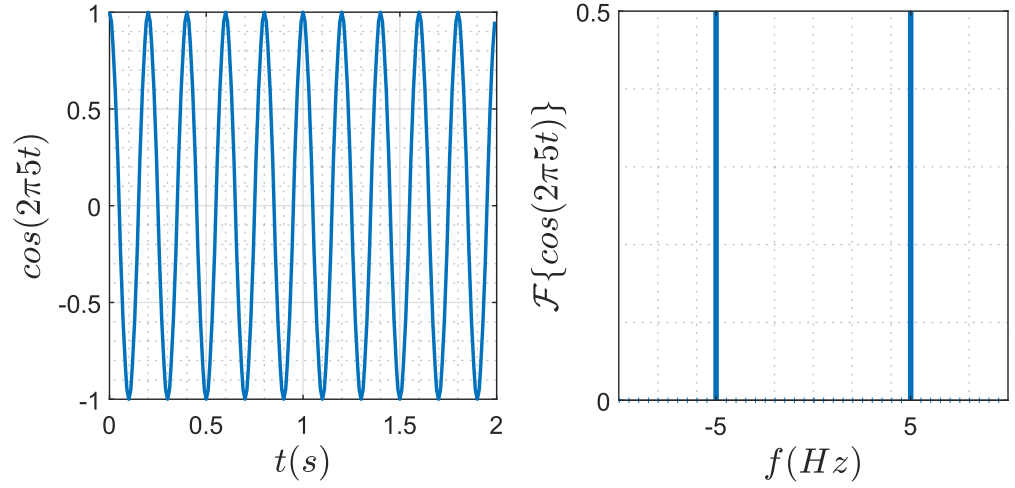


Sensör dizisi büyüdükçe (kullanılan kestirim algoritmasına da bağlı olarak) kestirim performansı artar. Ancak diziyi büyütmek için, ardışık yerleştirilmiş iki sensör arasındaki mesafeyi istediğimiz kadar artıramayız. Aksi takdirde, kestirimlerimiz sonucunda belirsizliği yüksek sonuçlar elde etmek durumunda kalırız. Benzer şekilde, birbirlerine çok yakın şekilde konumlanmış sensörlerden oluşan sensör dizileri kullanıldığında ise, sensörlerin aldığı ölçümler birbirleriyle oldukça ilintili olacak ve ortamdan alınan bilgi miktarı azalacaktır. Bu sebepten sensör dizileri tasarlanırken, sensörler arasındaki mesafenin dikkatle ayarlanması gerekir ve sensör dizisi tasarımı, literatürde üzerinde çalışılmaya devam edilen önemli bir araştırma konusudur. Sensör dizisi tasarımına benzer şekilde, her bir sensör tarafından alınan ölçümler de birbirlerinden farklı ağırlıklarla kestirim algoritmasına girdilebilir. Bunun neden yapıldığı, gerçek hayattan bir örnekle daha iyi temellendirilecektir. Örneğin bir arkadaşımızla kalabalık, büyük bir salonda gerçekleştirilen bir konferansa katıldığımızı düşünelim. Arkadaşımız en ön sırada, biz ise en arka sırada oturalım ve her ikimiz de daha sonra birbirimizle paylaşmak üzere dinlediklerimizi not edelim. Büyük bir ihtimalle en ön sırada oturması sebebiyle arkadaşımız konferansı daha iyi takip edecek ve onun aldığı notlar daha güvenilir olacaktır. Ancak onun kaçırdığı noktaları da bizim aldığımız notlar tamamlayabilecektir. Yani ortaya çıkarılan raporda, arkadaşımızın notları daha yüksek ağırlığa sahip olacak ancak bizim notlarımız

da rapora katkı sağlayacaktır. Benzer şekilde, geliş açısı kestirim senaryosuna göre sensörlerin de toplayacakları bilgiler farklı olacağından bu bilgileri ağırlıklandırarak kullanmak performans artırma potansiyeline sahip bir yaklaşım olacaktır.

Sensör dizisi tasarımının yanında kullanılan kestirim algoritması, performansı belirleyen bir diğer önemli etmendir. En yaygın kullanılan teknikler arasında, huzmeleme (beamforming) tabanlı teknikler önemli bir yer edinir. Bu tekniklerde sensör dizisi tarafından alınan veri, huzmeleme katsayıları ile çarpılarak huzmeleyici çıktısı elde edilir ve bu çıktı üzerinden kestirimler yapılır. Huzmeleme katsayılarının nasıl belirlendiği, farklı huzmeleme tabanlı teknikleri birbirinden ayırır. Bazı huzmeleme tabanlı tekniklerin, İkinci Dünya Savaşı'ndan bu zamana kullanıldığı bilinmektedir. Bunun yanında alt-uzay tabanlı geliş açısı kestirimi teknikleri de yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu tekniklerde, alınan sensör verisi işlenerek, sinyal ve gürültü alt-uzayı olmak üzere iki farklı alt-uzaya ayrılır ve bu alt-uzayların birbirlerine dik olduğu varsayımı kullanılarak kestirimler yapılır. Huzmeleme ve alt-uzay tabanlı tekniklerin yanında, alınan verinin olasılıksal dağılımını kullanan maksimum olasılık tabanlı teknikler de uzun yıllardır kullanılan gelenekselleşmiş tekniklere örnek teşkil eder.

Geleneksel tekniklerin yanında, gelişen sinyal işleme literatürü ve bilgisayar gücü ile daha da yaygınlaşan sıkıştırılmış algılama ve makine öğrenmesi



Şekil 3

yöntemleri de geliş açısı kestirimi problemlerinde geleneksel tekniklere göre performans artışı sağlama potansiyeline sahip yenilikçi teknikler olarak literatürde yer bulmaktadır. ASELSAN Araştırma Merkezinde, sıkıştırılmış algılama ve makine öğrenmesi tabanlı geliş açısı kestirimi teknikleri üzerinde yoğun olarak çalışılmakta, akademik çıktılar üretilmekte ve fikri haklar kazanılmaktadır. Yazının geri kalan kısmında, sıkıştırılmış algılama ve makine öğrenmesi tabanlı geliş açısı kestirim tekniklerinden bahsedilecektir.

Sıkıştırılmış algılamanın temel varsayımı, doğadaki pek çok sinyalin uygun bir uzayda seyrek olarak ifade edilebilmesidir. Bu bağlamda seyreklik, ele alınan sinyalin dönüştürüldüğü uzaydaki ifadesinin hemen hemen tüm elemanlarının sıfır, yalnızca az sayıda elemanlarının sıfırdan farklı olmasını ifade eder. Örneğin, kosinüs sinyalini düşünelim. Kosinüs sinyalini zamana bağlı incelediğimizde, eksi sonsuz zamanından artı sonsuz zamanına kadar kosinüs sinyali neredeyse her zaman sıfırdan farklı değerlere sahiptir. Ancak, kosinüs sinyalinin frekans uzayındaki dönüşümü, yalnızca tek bir frekans değerinde ve onun negatifinde sıfırdan farklı değerler alır. Şekil 3'te, kosinüs sinyalinin zaman ve frekans uzayındaki gösterimleri yapılmıştır.

Şekilden de görüldüğü üzere kosinüs sinyali zaman uzayında seyrek değilken, frekans uzayında herhangi bir bilgi kaybı olmadan seyrek olarak ifade edilebilmektedir. Bu durumu kosinüs dışındaki sinyallere ve frekans uzayı dışındaki uzaylara da genellemek mümkündür. Sıkıştırılmış algılama, sinyallerin seyrekliği ve hangi uzayda seyrek

oldukları bilgisini kullanarak, geleneksel teknikler ile karşılaştırıldığında pek çok uygulamada daha az ölçüm ile daha yüksek başarımlar gösterir. Ancak az sayıda alınacak ölçümlerin, olabildiğince fazla bilgi içermesi gerekir. Sıkıştırılmış algılama literatüründe, ortamdan nasıl ölçüm alınacağını belirleyen matrislere ölçüm matrisleri adı verilir. Az sayıda alınan ölçümlerin fazla bilgi içermesi isteniyorsa, ölçüm matrislerinin dikkatle tasarlanması gerekmektedir. Geliş açısı kestirimi uygulamaları için, daha önce sensör dizilerinden ve her bir sensör ölçümünün ağırlıklandırılarak kullanılmasından bahsetmiştik. Ölçüm matrisleri, burada betimlenen ağırlıklandırma ve daha da ötesi faz kaydırma işlemlerinin nasıl yapılacağına karar verir. Eğer bulmak istediğimiz hedef hakkında önsel bir bilgimiz varsa, yani hedefin hangi açılarda olabileceğine dair bir ön bilgimiz mevcutsa, ölçüm matrisi tasarımında bu bilgiyi kullanarak ölçümler akıllı şekilde alınabilir. Ölçüm matrisi, kendisini ortamdaki bilgiye göre uyarladığı için bu çalışma konusuna uyarlanır ölçüm matrisi tasarımı adı verilir. Ölçümler alındıktan sonra, sinyallerin seyrekliğini kullanarak geliş açılarını kestirme işlemine ise geriçatım adı verilir ve aynı önsel bilgi, geriçatım sırasında da kullanılabilir. Hem uyarlanır ölçüm matrisi tasarımı hem de uyarlanır geriçatım konuları, ASELSAN Araştırma Merkezinde yoğun olarak çalışılan konular arasındadır.

Sıkıştırılmış algılamanın yanında, bir diğer yenilikçi teknik olan makine öğrenmesi tabanlı yöntemler de geliş açısı kestirimi problemlerinde başarıyla kullanılmaktadır. Makine öğrenmesi, bilgisayarlara bir problemin çözümünü öğretmek için veri setlerinin kullanılmasını öneren farklı algoritmaları kapsar.

	Bartlett	MUSIC	Sıkıştırılmış Algılama	Makine Öğrenmesi
Çözünürlük	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek
İlintili Hedef Başarımı	Orta	Düşük	Yüksek	Orta
Hesaplama Etkinliği	Yüksek	Orta	Düşük	Orta

Geliş açısı kestirimi problemleri için elimizdeki veri seti, sensör verilerinden oluşacaktır. Burada amaç, farklı sensör verilerinden oluşan bir eğitim veri seti kullanılarak, bilgisayara sensör verileri ile ortamdaki hedef dağılımı arasında bir eşleştirme yapmayı öğretmektir. Bu sayede, bilgisayara girdi olarak verilen sensör verisi sonucu istenen geliş açısı kestirimi çıktısı elde edilebilir. Bu eşleştirme örneğin, makine öğrenmesinin bir alt dalı olan derin öğrenmenin farklı tiplerini oluşturan derin sinir ağları, evrişimli sinir ağları, ya da tekrarlayan sinir ağları kullanılarak yapılabilir. Tüm bu tekniklerin birbirleri ile kıyaslandığında farklı avantajları ve dezavantajları olmakla birlikte, ortak noktaları çok karmaşık sistemleri çözümleyebilme konusundaki yüksek kabiliyetleridir. ASELSAN Araştırma Merkezinde, makine öğrenmesi tabanlı geliş açısı kestirimi üzerinde de çalışmalar gerçekleştirilmektedir.

Sıkıştırılmış algılama ve makine öğrenmesi tabanlı tekniklerin klasik tekniklere kıyasla avantajları ve dezavantajlarını genel bir çerçevede değerlendirmek için, bu teknikleri yaygın olarak kullanılan klasik teknikler olan Bartlett huzmeleme ve Multiple Signal Classification (MUSIC) teknikleriyle karşılaştırmak faydalı olacaktır. Bartlett huzmeleme, isminden de anlaşılacağı üzere huzmeleme tabanlı bir teknik iken MUSIC, alt-uzay tabanlı bir tekniktir. Algoritma değerlendirmesi için en önemli kistaslardan biri, metotların birbirlerine yakın açılarda konumlanmış iki hedefi ayırt edebilme kabiliyetleri, yani çözünürlükleridir. Bunun yanında, bazı hedef senaryolarında açılar bulunmak istenen yayınlar birbirleri ile ilintili olabilir. Örneğin yayınlar belirli yüzeylerden yansarak geliş açısı kestirim sistemine ulaşabilir. Bu durumda orijinal yayın ile yansıyan yayın birbirleri ile ilintili olacaktır. Kullanılan algoritmaların bu gibi senaryolardaki başarımı da büyük önem arz etmektedir. Son olarak, algoritmaların hesaplama etkinlikleri de bir diğer önemli etmendir. Hesaplama karmaşıklığı yüksek (hesaplama etkinliği düşük) algoritmaları kullanmak için daha güçlü sistemlere

ihtiyaç duyulur. Hatta bazı algoritmalar (örneğin, bazı maksimum olasılık tabanlı ya da çok karmaşık optimizasyon problemleri çözen teknikler) oldukça yüksek başarımlar sağlayabilse de yüksek karmaşıklıkları sebebiyle nadiren kullanılır. Yukarıda verilen tabloda, bahsedilen algoritmaların verilen kıstaslar kapsamında karşılaştırılmaları verilmiştir.

Bu tablo oldukça genelleştirilmiş olup algoritmaların farklı şekillerde geliştirilebilme potansiyelleri sebebiyle değişim gösterebilir. Örneğin makine öğrenmesi tabanlı teknikler, geliştirilen modellere göre düşük hesaplama etkinliğine ve/veya yüksek ilintili hedef başarımına da sahip olabilir. Bunun yanında sıkıştırılmış algılama tabanlı teknikler için çözünürlükten feragat edilerek hesaplama etkinliği yükseltilebilir. Bahsedilen bu kıstasların yanında, algoritmaların değerlendirilmesi aşamasında kullanılan pek çok başka kıstas mevcuttur. Ancak bu yazıda diğer kıstasların detaylarına girilmeyecektir.

Bahsedilen yenilikçi sinyal işleme algoritmaları ile ilgili literatürde yapılan çalışmaların büyük bir kısmı, gerçek sistemlerdeki kısıtlı donanım ve yazılım gücünü tasarımlarında görmezden gelmekte, dolayısıyla geliştirilen algoritmalar gerçek sistemler için her zaman uygulanabilir olmamaktadır. Geliş açısı kestirimi konusunda dünyada yapılan çalışmaların yakından takip edildiği ve geliştirilen pek çok yenilikçi teknik ile literatürün de önüne geçildiği ASELSAN Araştırma Merkezinde, yenilikçi sinyal işleme algoritmalarının geliştirilmesinin yanında, geliştirilen algoritmaların yazılımsal ve donanımsal uygulama kısıtları da araştırılmaktadır. Yapılan bu çalışmalar ile birlikte, geliştirilen algoritmaların farklı yazılımsal ve donanımsal yapılara uygun alternatifleri de sunulmakta, bunun yanında algoritmaların uygulanabilmesi için verimli heterojen paralel programlama mimarileri ile geliştirmeler sağlanmaktadır.



DRAGONEYE

Elektro-Optik Sensör Sistemi

Orta Dalga Kızılötesi Sensör, HD Renkli TV, Termal ve Gündüz Kameralarında Sürekli Yakınlaştırma Yeteneği, Lazer Mesafe Ölçer, Manyetik Pusula ve GPS Entegre Sistem, Ethernet Altyapısına Sahip, Otomatik Hedef Takip, Resim/Video Kayıt, Sınıfının En İyi Teşhis/Tespit/Tanımlama Menzillerine Sahip

www.aselsan.com



aselsan

KUANTUM TEKNOLOJİLERİ İLE HEDEF TESPİTİ

Dr. Ozan ARI

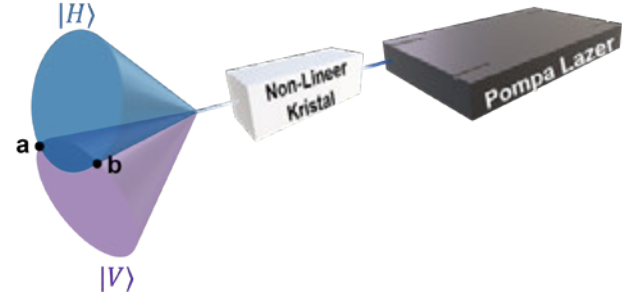


İlk kuantum devrimi, yirminci yüzyılın başlarında bilim insanlarının atomun yapısı ile elektromanyetik alanların kuantum doğasını tanımlayan matematiksel denklemleri ortaya koymasıyla başladı. İlk kuantum devrimi sırasındaki araştırmalar sonucunda transistor, lazer vb. teknolojilerin geliştirilmesiyle bilgi ve teknoloji çağının yolu açılmış oldu. Diğer yandan ikinci kuantum devrimi yirmi birinci yüzyılın başlangıcıyla, birinci kuantum devrimiyle kuantum doğası anlaşılan parçacıkların ve alanların bu özelliklerinin manipülasyonu ve birbirleriyle klasik olmayan etkileşimleri üzerine pratik uygulamaların geliştirilmesiyle başladı. İkinci kuantum devrimiyle kuantum teknolojileri alanında [kuantum hesaplama ve iletişim, metroloji, sensörler ve görüntüleme vb.] birçok teknolojik ilerleme sağlanmıştır.

İkinci kuantum devriminin en popüler ve ilginç çıktılarından biri de kuantum dolanıklık ya da Einstein'ın tanımlamasıyla "spooky action at a distance" olarak düşünülebilir. Bu fenomen, kuantum dolanıklık durumundaki parçacıklardan herhangi birisine bir ölçüm yapıldığında elde edilen ölçüm sonucu diğer parçacıklarda da aynı sonucu vermesi olarak tanımlanabilir. Yirminci yüzyılın başındaki klasik fizik teorileri ve görelilik teorisi, parçacıklar arasındaki mesafe arttıkça parçacıkların etkileşiminin azalacağını ve birbirlerini etkileyemeyeceğini öne sürmekteydi. Bu çelişkili durum, bilim insanlarını N. Bohr, W. Heisenberg, W. Pauli gibi kuantum fiziğini savunan fizikçiler ile A. Einstein, B. Podolsky, N. Rosen [EPR] ve bu durumun kuantum fiziğiyle açıklanamayacağını ve bu parçacıkların bilinmeyen fakat yine de var olan gizli bir fiziksel parametreyle etkileştiğini savunanlar

olmak üzere ikiye ayırmıştı. 1964 tarihli J.S. Bell'in ünlü "On the Einstein Podolsky Rosen Paradox" isimli makalesine kadar farklı görüşler varlığını sürdürmeye devam etmiştir. Bell'in makalesinde, dolanıklık durumundaki parçacıklara uygulanan deneylerin aynı sonuçları vermesi durumu gizli bir değişken aracılığıyla sağlanmış olsaydı, bu deneysel sonuçların üzerinde bir kısıtlama getireceği ve muhtemel sonuçların bir eşitsizlikle tanımlanan aralıkta olmasına izin vereceğini teorik olarak göstermiştir. Bell'in bu ünlü eşitsizliği, gizli değişkenler teorisinin lokal bir teori olacağı ve kuantum mekaniğiyle çelişeceğini matematiksel olarak göstermişti. 1969 yılında J. Clauser, M. Horne, A. Shimony ve R. Holt (CHSH) tarafından yayınlanan diğer bir ünlü makale ile Bell eşitsizliği deneysel olarak laboratuvarında test edilebilir hale gelmiştir. Bu deney ile dolanık fotonların dolanıklık kalitesi ya da başka bir deyişle dolanıklık durumu Bell-CHSH eşitsizliği ile tespit edilebilir ve ispatlanabilir olmuştur. Bell-CHSH eşitliği ile dolanık bir foton çifti için, Bell eşitsizlik değerini 2'nin üstü bir değerde bulunması parçacıkların dolanık doğalarını doğrulamasına yetmektedir.

Günümüzde kuantum parçacıkların kullanıldığı alanların başında metroloji, hesaplama, haberleşme ve algılama alanları sayılabilir. Tek ve dolanık foton kaynaklarının kullanımı fikriyle birlikte dolanıklık ve rastgelelik (parçacık yaratım zamanındaki belirsizlik) gibi kuantum dünyasına özel kavramların teknolojik alanlarda kullanımı mümkün olmaktadır. Özel olarak, dolanık foton kaynaklarının sensör ve algılama teknolojilerinde aktif olarak kullanılmasını öneren hedef tespit protokolleriyle kuantum lidar ve kuantum radar konseptleri ortaya çıkmıştır. Dolanık fotonların soğuk atomlar vasıtasıyla üretilmelerini takiben, kristal temelli kuantum dolanık foton kaynakları 1995 yılında Kwiat ve arkadaşları tarafından Baryum Borat (BBO) kristalinden kendiliğinden parametrik-alçaltma dönüşümü (spontaneous parametric down-conversion, SPDC) ile dolanık foton çiftleri elde edilmesiyle katı sistemlere ve pratik kaynaklarla ilerlemiştir. Şekil 1'de BBO kristali ile SPDC süreci ile polarizasyonu dolanık foton çifti üretimi gösterilmiştir. İkinci ($\chi^{(2)}$) dereceden bir süreç olan SPDC ile bir besleme/pompa lazeri ile BBO kristali uyarılmakta ve SPDC süreci sonrasında dikey (V) ve yatay (H) polarizasyonda iki foton yayılım konisi oluşturulmaktadır. Bu konilerin üst-üste geldiği a ve b noktalarında fotonlar toplandığında ise H ve V polarizasyon durumlarını içeren karışık polarizasyonda dolanık foton çiftleri oluşturulabilmektedir ($|\Psi\rangle = 1/\sqrt{2}(|H\rangle_a|V\rangle_b + |V\rangle_a|H\rangle_b)$).



Şekil 1 – Lineer olmayan bir kristalden SPDC ile dolanık foton çifti elde edilmesi

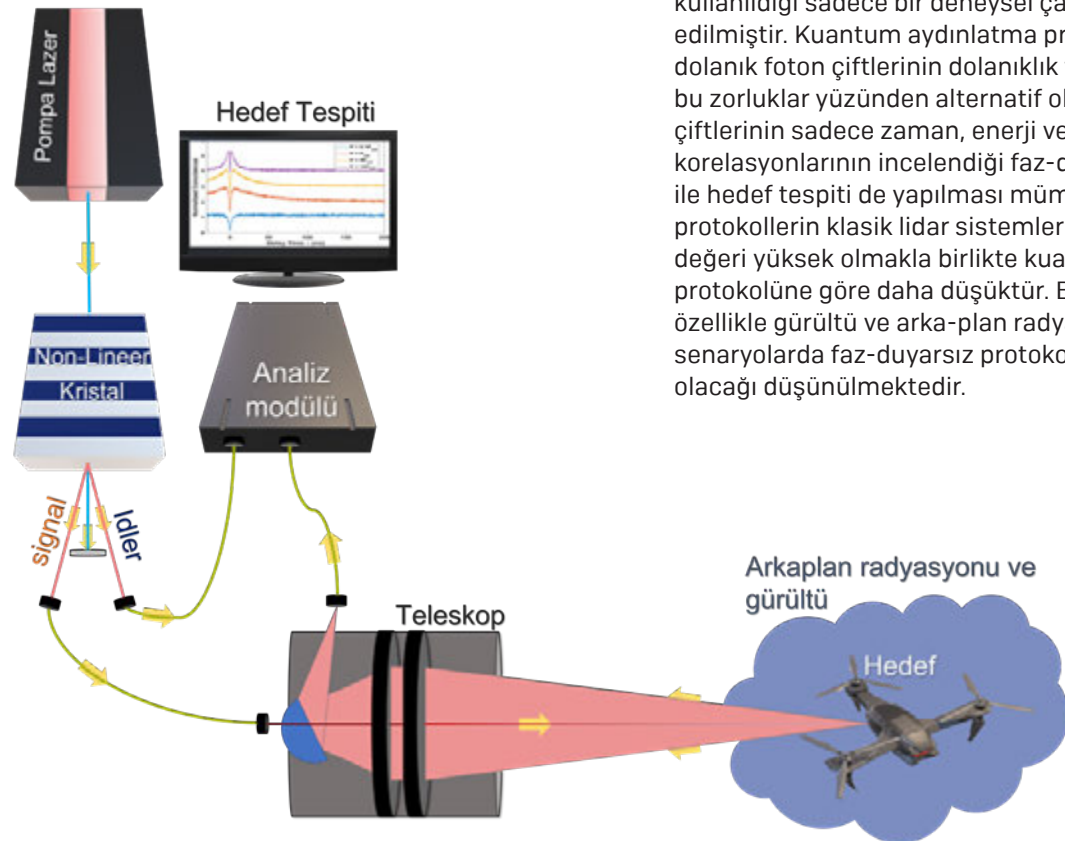
İlerleyen zamanlarda çalışmalar polarizasyon yerine dolanıklık süresi ya da dolanıklık dayanıklılığı daha fazla olan enerji-zaman dolanıklığı içeren sistemlerin keşfiyle devam etmiştir. Daha verimli dolanık foton kaynaklarının oluşturulması çalışmaları kapsamında çeşitli dalga-kılavuzu (waveguide) ya da fotonik yapıların (halka rezonatörler vb.) yardımıyla titanyum difüz edilmiş periyodik olarak kutuplanmış lityum niyobat (titanium in-diffused on periodically poled lithium niobate, PPLN) yapısıyla ikinci ($\chi^{(2)}$) dereceden süreçlerle yüksek verimde ve kalitede dolanık foton kaynakları üretilmiştir. Günümüzde dolanık foton kaynakları PPLN ve benzeri lineer olmayan kristaller kullanılarak farklı dalga boylarında (810-1550 nm) üretilmekte ve ticari olarak piyasaya sunulmaktadır.

KUANTUM LİDAR

Dolanık foton kaynaklarının kullanıldığı kuantum lidar sistemleri, hedef aydınlatmasında kullandıkları ışık kaynakları, gelen sinyallerin tespiti ve analizi konularında klasik lidar sistemlerinden ayrılmaktadır. Klasik lidar sistemleri eş-fazlı (coherent, quasi-classical) optik bölgede (VIS, NIR, SWIR) ışık kaynağı (lazer) kullanırken, kuantum lidar sistemleri ise kuantum ışık kaynağı (tek-foton, dolanık foton) ile hedefi aydınlatmaktadır. Klasik lidar sisteminde eş-fazlı (birbirine çok yakın dalga boyunda, polarizasyonda ve yaratım zamanında) birçok foton hedefe gönderilmektedir. Hedeften dönen fotonların foto-dedektör ve kameraya geliş zamanı üzerine ya da daha da ileri korelasyonlar olan fotonların oluşum zamanları incelenerek öncelikle zamansal ve dolaylı olarak da uzaysal haritalama, hedef uzaklığı ve tespiti ile hedefin hızı gibi özellikler saptanabilmektedir. Hedefe gönderilen fotonlar için ayrıca dalga-boyu filtrelemesi yapılarak, arka-plan radyasyonu vb. etkilere karşı sinyal-gürültü oranı (SNR) artırılabilir. Bununla birlikte, klasik

lidar sistemleri kullanılan fotonların dalga boyundaki gürültü, termal arka-plan ve karşı-önleyici fotonlara karşı savunmasızdır ve hedefe gönderilen foton akışı artırılarak SNR değerini artırmak mümkün değildir. Klasik lidarlar ile ilgili bir diğer sorun da kullanılan foton sayısının fazlalığı nedeniyle tespit edilmelerinin oldukça kolay olmasıdır.

Kuantum lidar konseptinde, kuantum ışık kaynağından çıkan dolanık foton çiftlerinden birisi, yani sinyal fotonu, hedef tespiti amacıyla kullanılırken, diğeri [idler] yani kaynak fotonu ise sistemde dijital (klasik) olarak veya kuantum durumunun kaybolmayacağı bir şekilde [hafızada] tutularak, hedeften dönen fotonla ilişkisi incelenmektedir. Hedeften saçılan veya yansıyan dolanık foton, kaynağa tekrar döndüğünde sistemde bulunan ya da kaydedilmiş fotonların zaman, enerji ve/veya polarizasyon vb. korelasyonları incelenmekte ve hedefin varlığı hakkında bilgi sahibi olunmaktadır. Üretilen dolanık foton çiftlerinin enerji-zaman ve polarizasyon durumları belirli olduğundan, hedeften yansıyan ve saçılan fotonların tespit edilmesinde klasik lidardakine benzer şekilde uygun filtreleme protokolleri de seçilebilmektedir.



Şekil 2 – Kuantum Lidar sisteminin şematik gösterimi

Lloyd tarafından 2008 yılında önerilen kuantum aydınlatma protokolüyle hedeften dönen ve kaynakta bekletilen dolanık fotonların eş-zamanlı optik olarak korelasyonlarına bakılarak fotonların dolanıklık seviyesi belirlenebileceği ve klasik lidara oranla 6 dB daha yüksek SNR değerine erişilebileceği gösterilmiştir. Bununla birlikte ortamla ya da hedefle etkileşme sonucunda dolanık foton çiftlerinin dolanıklık durumu büyük oranda yok olabilmektedir. Kuantum ışık kaynağının dolanıklık özelliği kaybolursa da foton çiftleri hâlâ büyük oranda korelasyonlara sahip olmaktadır. Diğer yandan, optik komponentler, dedektör verimi vb. nedenler dolayısıyla oluşabilecek kayıplar yüzünden SNR avantajı değerinin 3 dB olacağı hesaplanmaktadır.

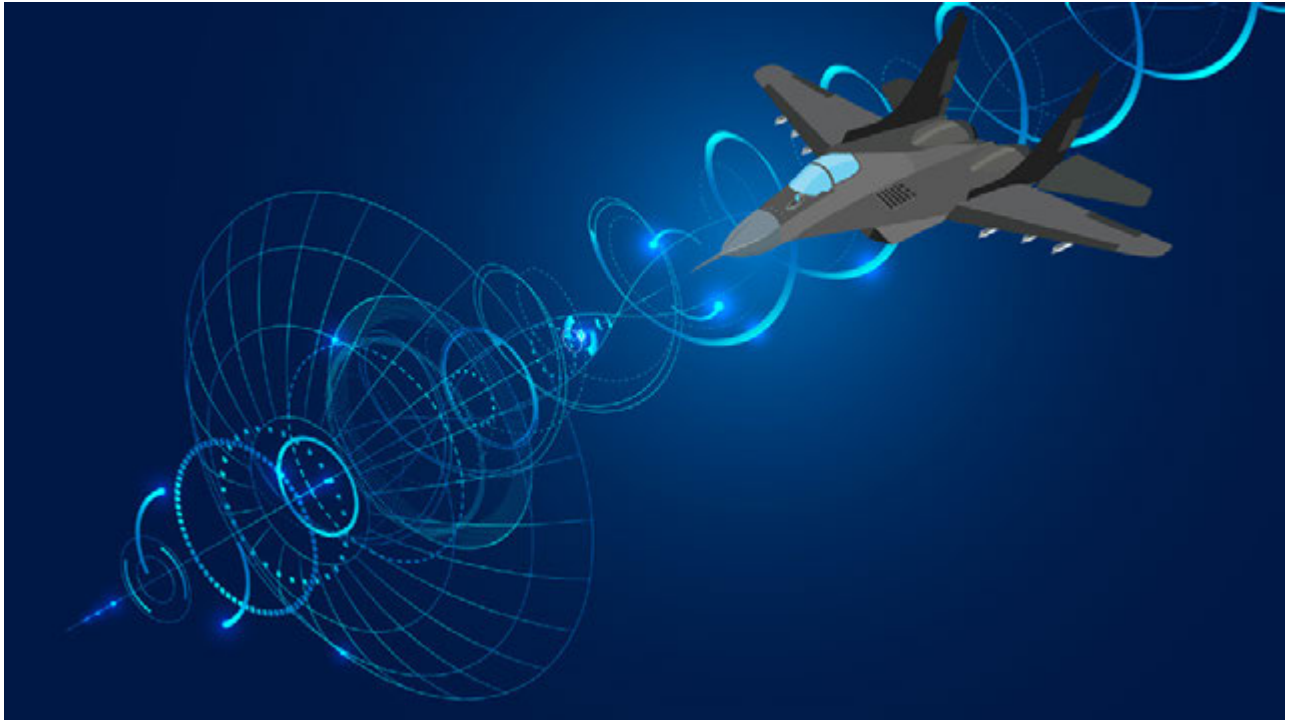
Kuantum lidar konseptinde diğer bir önemli konu da sistemin optik tasarımına bağlı olarak hedef tespit algoritması ya da protokolünün seçilmesidir. Kaynakla hedef arasındaki mesafenin önceden bilinmemesi (faz farkları), kaynakta bekletilecek fotonun optik sistemdeki kayıplar sonucu yitirilmesi ya da hedeften gelen foton ile kaynaktaki fotonun uzaysal olarak aynı noktaya getirilmesindeki zorluklar kuantum aydınlatma protokolün uygulanmasını pratik açıdan oldukça zorlaştırmaktadır. Literatürde şimdiye kadar kuantum aydınlatma protokolünün kullanıldığı sadece bir deneysel çalışma rapor edilmiştir. Kuantum aydınlatma protokolündeki dolanık foton çiftlerinin dolanıklık testleri üzerindeki bu zorluklar yüzünden alternatif olarak dolanık foton çiftlerinin sadece zaman, enerji ve polarizasyon korelasyonlarının incelendiği faz-duyarsız protokoller ile hedef tespiti de yapılması mümkündür. Bu tür protokollerin klasik lidar sistemlerine kıyasla SNR değeri yüksek olmakla birlikte kuantum aydınlatma protokolüne göre daha düşüktür. Bununla birlikte özellikle gürültü ve arka-plan radyasyonu içeren senaryolarda faz-duyarsız protokollerin faydalı olacağı düşünülmektedir.

Şekil 2'de faz-duyarsız protokol ile kurulmuş örnek bir kuantum lidar şeması gösterilmektedir. Bir pompa lazer vasıtasıyla oluşturulan dolanık foton çiftlerinden birisi [kaynak] sistemde bir tek-foton dedektörü vasıtasıyla dijital olarak ölçülmekte ve diğer dolanık foton [signal] hedefe gönderilmektedir. Hedeften birçok açıyla yansıyabilen fotonlar geniş açılı bir lens içeren teleskop yardımıyla toplanmaktadır. Daha sonra toplanan fotonlar ise yine bir tek-foton dedektörüne gönderilmektedir. Tek foton dedektörleri, üzerine gelen fotonların varış zamanlarına bağlı olarak çok hızlı dijital sinyal üretebilen ve günümüzde pikosaniye zaman mertebesinde çalışabilen detektörlerdir. Tek foton dedektörlerinin zamana bağlı dijital çıkışlarının çapraz-korelasyonu bir harici modül üzerinde incelenerek hedef varlığı ve konumu hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir. Dolanık fotonların yüksek arka plan gürültü seviyelerinde dahi, yüksek korelasyon kalitesi sayesinde, tek-foton mertebesinde hedef tespiti yapılabilmektedir.

Kuantum ışık kaynağı altında hedef aydınlatılması ve hedeften gelen sinyallerle sistemde tutulan fotonların korelasyonlarının incelenmesi prensibi radar uygulamalarına adapte edilerek kuantum radarların da oluşturulması mümkündür. Kuantum lidar sistemlerinde kullanılan kuantum ışık kaynağı ve foton toplayıcı dedektör sisteminin uygun

birimlerle [Josephson eklemleri ve mikrodalga-optik foton çeviriciler] değiştirilmesiyle radar için operasyonel olan mikro-dalga boyu aralığında çalışılabileceği değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, kuantum radarın çalışacağı mikro-dalga frekansında sistem kaynaklı termal etkiler [mikro-dalga kubitlerin fonon ya da fotonlara çevrilmesi vb.] kuantum doğal mikro-dalga yaratımında gürültü olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu termal gürültüden kurtulmak için mikro-dalga fotonların oluşturulup hedefe gönderildiği bütün komponentlerin çok düşük [mili-Kelvin] sıcaklıklara soğutulmasını gerektirmektedir.

Elektromanyetik alanların kuantum özellikleri kullanılarak özellikle uzaktan algılama alanında klasik limitlerin aşılabileceği gösterilmiştir. Uzaktan algılama sisteminin [lidar ya da radar] hedeften dönen fotonları diğer fotonlardan yüksek kuantum korelasyonlar sayesinde ayırabilmesi ise kuantum algılama teknolojisini mümkün kılmaktadır. Bu kuantum mekaniksel avantaj özellikle çok düşük radar kesitli hedef ve yüksek arka-plan radyasyonuna sahip ortamlarda ortaya çıkmaktadır. Gelecekte, kuantum temelli uzaktan algılama sistemlerinin özellikle gizli hedefler ve karşı-önleme sistemlerine karşı klasik algılama sistemlerine oranla üstün performans göstereceği düşünülmektedir.



MAKİNE ÖĞRENMESİ: MAKİNELER NELERİ TESPİT EDEBİLİR?

Dr. Alparslan FİŞNE

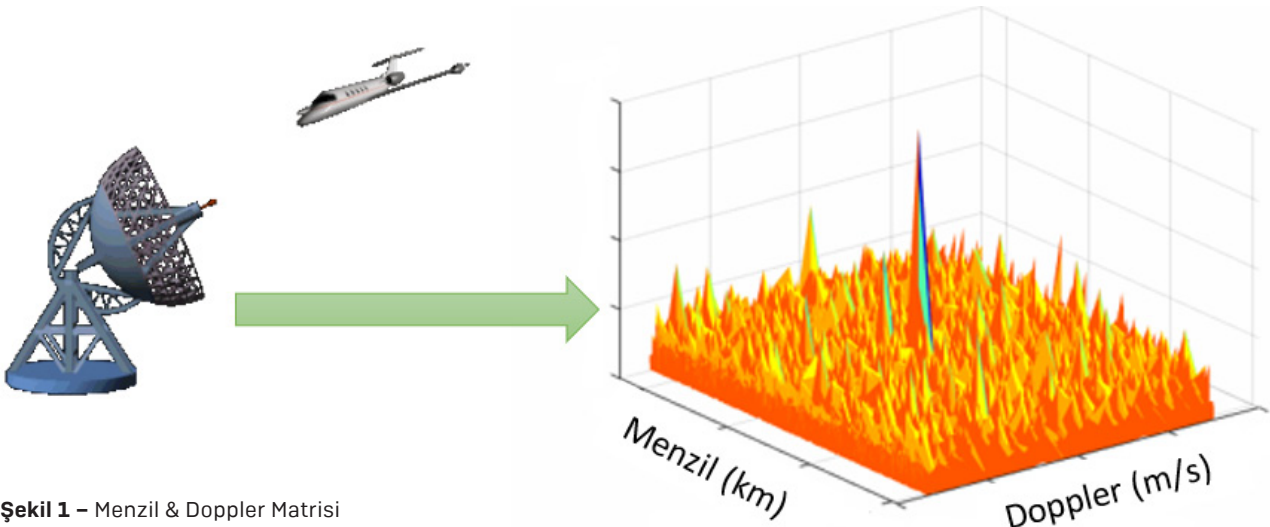
Faruk YAVUZ

Günümüzde sensör (algılayıcı) teknolojileri tarihsel gelişimle birlikte hem çeşitlenebilmekte hem de kabiliyetleri artmaktadır. Gelişmiş sinyal işleme blokları, yeni nesil donanım ve yazılım teknolojileri ile birlikte algılayıcı kabiliyetleri artmaktadır. RF, optik ve akustik algılayıcılar, savunma sanayi başta olmak üzere çoğu sektörde kontrol ve otomasyon sağlamak üzere sistem/ürün mimarilerinde yer almaktadır. Savunma ve gözlem-keşif amacıyla hizmet eden aynı zamanda RF algılayıcıya sahip olan radar sistemleri yirminci yüzyılın başlangıç yıllarında patentlenmeye başlanmış olup trafik kontrolü, hava durumu tahmini gibi sivil alanlarda ve keşif-gözetleme, güdüm gibi askeri alanlarda sıkça kullanılmaktadır.

Radarlar çalışma prensibi gereği hareketli bir hedefin hızını, geliş açısını ve mesafesini tahmin etmektedir. Hareketli bir hedefin hızını, geliş açısını ve mesafesini ölçen bir darbe-Doppler radar sisteminde hedef ortamından alınan sinyaller sayısallaştırıp belirli sinyal ön işleme bloklarına sokulduktan sonra hedef tespit işlemlerinin yapılması için bir girdi

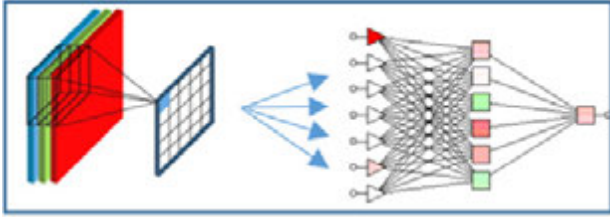
matrisi oluşturulur. Girdi matrisi, zaman ve frekans eksenlerinden oluşmakta olup zaman eksenindeki hücreler zaman gecikmesi (menzil, mesafe) değerlerini, frekans eksenindeki değerler ise Doppler hızlarını temsil etmektedir. Temsil edilen değerler önceden tanımlanmış menzil [km] ve hız [m/sn] çözünürlüklerine göre ayarlanmaktadır. Bu girdi matrisine aynı zamanda Menzil-Doppler (MD) matrisi de denilmektedir. Şekil 1'de örnek bir MD matrisi gösterilmektedir.

Radar hedef tespit işlemlerinde MD matrisi üzerinde konvansiyonel olarak uyarlamalı eşik belirleme işlemi yapılır. Bu işlem Sabit Yanlış Alarm Oranı (SYAO) tekniği kullanılarak istatistiksel bir yaklaşımla yapılmaktadır. MD matrisi üzerindeki her bir hücre için SYAO tekniği ile bir eşik değeri belirlenerek eşik değeri geçen hücreler olası hedef olarak işaretlenir. Tespit edilen her bir hedefe ait menzil ve hız bilgileri MD matrisinden elde edilerek hedef tespit işlemi sonlandırılır.



Şekil 1 – Menzil & Doppler Matrisi

Radar hedef tespiti işlemleri için yapay zekâ teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte makine öğrenmesi yaklaşımları sayesinde çözümler üretilmektedir. Makine öğrenmesi ile sistemin öznetelikleri farklı soyutlama düzeylerinde çeşitli ve büyük veri kümeleri desteğiyle öğrenilmektedir. Öncesinde etiketleme yapılarak eğitilen modeller sayesinde uyarlamalı olarak nesne tespit ve tanıma işlemleri yapılabilmektedir. Nesne tespitine yönelik yaklaşımların radar hedef tespitinde de kullanılabileceği öngörülmektedir. Hareketli hedef tespiti için MD matrisini bir imge matrisi olarak ele alıp üzerinde gerçekleştirilecek eğitim modelleri, sinir ağları ve test çalışmaları ile çözümler sunulabilmektedir. Şekil 2'de hedef tespit işlemi için bir taslak bir yapay sinir ağı modeli belirtilmektedir.



Şekil 2 – Radar Hedef Tespiti için Taslak Sinir Ağı modeli

ASELSAN ARAŞTIRMA MERKEZİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

ASELSAN Araştırma Merkezinde radar algılayıcılarına yönelik yenilikçi sinyal işleme yöntemlerinden birisi olan makine öğrenmesi tabanlı radar hedef tespiti çalışması ile geleneksel hedef tespit bulma yöntemlerine kıyasla hedef tespit doğruluğu başarımının artırılması hedeflenmektedir. Çalışmalarda hedef varlıklarını, ortamdaki gürültü-kargaşa durumunu ve belirli kısıtlamaları makine öğrenmesi modeline eğiterek SYAO tekniğine benzer şekilde her bir test hücresi için uyarlamalı eşik değerinin otomatik olarak hesaplanması sağlanmıştır. Makine öğrenmesi tabanlı radar hedef tespiti için geliştirilen yapay sinir ağı modeli için Evrişimsel Sinir Ağı [CNN] modeli referans alınmıştır. Geliştirdiğimiz model çoklu hedef tespiti imkânı da sunmaktadır. Şekil 3'te radar hedef tespiti için gerçekleştirilmiş ardışık katmanlara sahip yapay sinir ağı modeli gösterilmektedir.

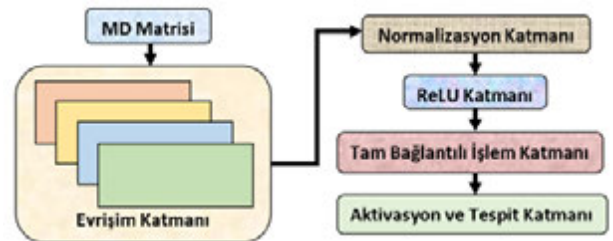
Çalışmalarımız sonucunda özellikle düşük SNR'a sahip bir senaryo testinde gürültü yoğun bir ortamda makine öğrenmesi ile gerçekleştirilen hedef tespit işlemi aynı koşullarda çalışan SYAO tekniğine göre daha başarılı sonuçlar vermektedir. Fakat makine

öğrenmesi kullanımı ile SYAO tekniğine göre daha yüksek hesaplama karmaşıklığı gerektirmektedir.

Araştırma Merkezi bünyesinde araştırma çalışmalarımızın yanı sıra uygulama geliştirme ve ön-prototip hazırlama çalışmaları da yapmaktayız. Uygulamalarımızı paralel programlamaya uygun çok çekirdekli CPU ve GPGPU mimarileri ile daha yüksek hesaplama başarımı ile tasarlıyoruz. Makine öğrenmesi temelli radar hedef tespit işlemi belirli bir maksimum tespit sayısına [<50] göre esas alındığında çevrim içi çalışabilecek bir radar çalışma süresi ile paralel hesaplama ile yapılmaktadır. Şekil 3'te yer alan katmanlarının her birinin paralel hesaplama için uygun olması ve büyük boyutlu vektör-matris işlemleri içermesi uygulamamızdaki paralel hesaplamanın başarımlarını kazancına olumlu katkı sunmuştur. SYAO tekniğine kıyasla artan hesaplama karmaşıklığı paralel hesaplama ile çalışma süresine etkisi azaltılmıştır. Ayrıca uygulamamızı NVIDIA Jetson GPGPU gibi düşük güç tüketen mimariler ile çevrim içi çalışmasını sağlamış olup mobil ve uç sistem/algılayıcı mimarilerine avantaj sağlayabilecek bir tasarım gerçekleştirdik.

SONUÇ

Makine öğrenmesi teknolojileri halen gelişmekte olan, daha yüksek başarımli sınıflandırma ve optimum çözümlerin araştırıldığı bir teknolojidir. Savunma sanayi alanında optik sistemler dışında girdisi bir imge matrisine dönüştürülebilecek radar, elektronik harp ve akustik sistem mimarilerinde makine öğrenmesi ile hedef tespiti başarımlarının artışı ile yapılabileceği, özellikle bilişsel algılayıcı çalışmalarına önemli bir katkı sunacağı öngörülmektedir. ASELSAN Araştırma Merkezi, bu konularda araştırma ve geliştirme çalışmaları yürüterek yapay zekâ tekniklerinin şirketimiz bünyesinde yer alan algılayıcı mimarilerine uyarlanması amaçlayarak farklılık ve avantaj sunacak çözümler geliştirilmesi için teknolojik gelişim ve altyapının sağlanmasını hedeflemektedir.



Şekil 3 – Hedef tespiti için sinir ağı katmanları

MAKİNE ÖĞRENMESİ: MAKİNELER NE GÖRÜR, ANLAMLANDIRIR?

Dr. Mustafa AYAZOĞLU



Renkli görüntü oluşturan sensörler ve bu sensörlerin oluşturduğu görüntüler hayatımızın birçok alanında yer almaktadır. HD görüntü, yüksek çözünürlük gibi kavramları artık gündelik hayatımızda çok sık kullanmaya başladık. Peki, gerçekten nedir bu çözünürlük? Bir görüntüleme sistemi için çözünürlüğü çok fazla teknik detaya girmeden görünür veya kızıl ötesi frekans bandında herhangi bir objenin oluşturduğu izin ne kadar sık örneklediği olarak düşünebiliriz.

Dijital bir görüntüleme sisteminin oluşturacağı görüntünün çözünürlüğü ve oluşturulan görüntünün netliğini belirleyen birçok faktör olmasına rağmen bunlardan en önemlisinin sahneyi örnekleyen ve dijital hale getiren görüntüleme sensörü olduğunu söylemek yanlış olmaz. Bu durumda aslında bir görüntüleme sisteminin çözünürlüğü ve oluşturulan görüntünün netliğini artırmanın en doğal ve ilk akla gelen yöntemlerinden birisi, sistemin içerdiği görüntüleme sensörünü daha sık örnekleme yapabilecek bir başkasıyla değiştirmektir.



Düşük çözünürlüklü görüntü

Yüksek çözünürlüklü görüntü

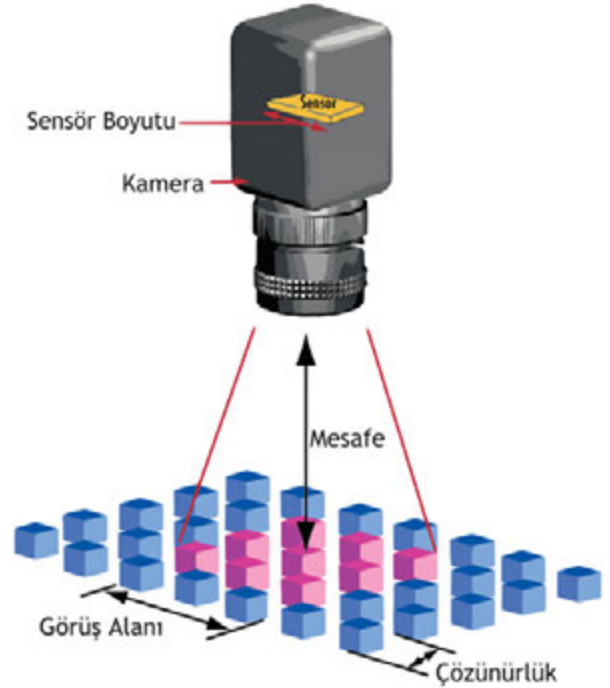
Nitekim son 10 yılda piyasaya sürülen birçok akıllı telefonun jenerasyonları arasında kamera teknolojisinde yapılan en önemli değişiklik, kamera sensörünü daha yüksek çözünürlüklü olanla değiştirmektir. Ancak kamera sensörünün değiştirilmesi her zaman,

- Maliyet etkin
- Uygulanabilir
- Teknik olarak mümkün

olmayabilir. Bu durumda, çözünürlüğü artırmak için donanımsal bir sensör değişikliğinden ziyade yazılımsal bir çözüm bulunması gerekmektedir. Son yıllarda bilgisayar işlem hızlarının ve kapasitelerinin de hızlı bir şekilde artmasına paralel olarak gelişen makine öğrenmesi ve yapay zekâ teknikleri bu yazılımsal çözüme olanak sağlamaktadır. Bu çözümler literatürde genel olarak süper çözünürlük [super resolution] yöntemleri olarak anılmaktadır.

ASELSAN Araştırma Merkezinde özellikle termal kameralar için artan maliyetler ve dışa bağımlılık engellerinin aşılması adına gerçek zamanlı süper çözünürlük yöntemleri araştırma geliştirme faaliyetleri sürdürülmektedir. Çalışmanın ilk motivasyonu termal kameralar olmasına rağmen geliştirilen yöntemler renkli görüntülerinde çözünürlüğünün artırılması için de kullanılabilecektir.

Süper çözünürlük problemi temel olarak iki alt problemde incelenebilir. Birincisi (ve aslında ilk çalışılan problem) çoklu görüntü süper çözünürlük [multi image super resolution - MISR] problemyken ilerleyen yıllarda tekil görüntü süper çözünürlük [single image super resolution - SISR] problemi üzerine de çalışmalar yürütülmeye başlamıştır.



Bu iki problem arasındaki temel fark, çözünürlüğü artırılmak istenen aynı görüntünün piksel altı seviyede farklılık bulunan birden fazla görüntüsünün olup olmadığıdır. İki problem de doğası gereği bozuk koşullu [ill-conditioned] problemlerdir. Bunun sebebi verilen herhangi bir düşük çözünürlükteki görüntü, birden fazla yüksek çözünürlüklü görüntü tarafından üretilebilir, yani herhangi bir koşul [regularizer] olmadığı durumda problemin sonsuz sayıda çözümü bulunmaktadır. Bu yüzden süper çözünürlük probleminin çözümünde bir koşul mekanizmasının kullanılması zorunludur. 2000'li yıllarda geliştirilen

yöntemlerde problem bir optimizasyon problemi olarak ele alınmış ve problemin tek çözümü olması için L2-Norm ve L1-Norm gibi koşul mekanizmaları kullanılmıştır. Makine öğrenmesi ve derin öğrenme (deep learning) metodlarının yaygınlaşması süper çözünürlük problemine olan yaklaşımları da etkilemiş, 2014 yılında SISR problemi için derin öğrenme tabanlı ilk yöntem ortaya atılmıştır. Bu yöntem ile optimizasyon tabanlı yöntemlerin elde ettiği sonuçların oldukça ilerisinde bir performans göstermiştir.

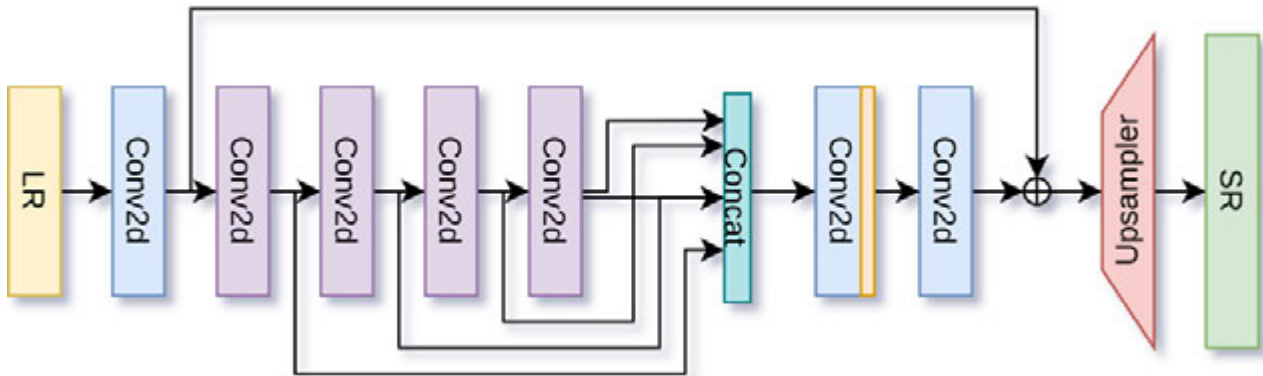
Makine öğrenme tabanlı metodların başarısı sebebiyle SISR problemi için günümüz literatüründe çoğunlukla bu metodoloji kullanılmaktadır. MISR problemi günümüzde genellikle hem uygulanabilirlik hem de veri eksikliği sebebiyle daha az çalışılır hale gelmiştir. Kullanılan yöntemlerin bazıları gerçek zamanlı uygulamalar için uygunken bazıları teorik çalışmalardan öteye geçememektedir.



LR-HR eğitim çifti

Makine öğrenmesi tabanlı süper çözünürlük yöntemlerinin geliştirilmesinin en önemli unsurlardan birisi veridir. Doğası gereği genel olarak makine öğrenmesi tabanlı yöntemler çok fazla veriye ihtiyaç duymaktadır. Geliştirilen bir yapay sinir ağının eğitiminde milyonlarca veri kullanılabilir. Süper çözünürlük modelinin eğitiminde iki tür veri kullanılır. Bunlar modele girdi olarak verilen düşük çözünürlüklü görüntü (LR) ve model çıktısı olarak istenen yüksek çözünürlüklü görüntülerdir (HR). Bu LR-HR çiftleri, problem için kullanılacak eğitim setini oluşturur (training set). Eğitimin başında model, kendisine girdi olarak verilen LR görüntüsünü, henüz parametreleri süper çözünürlük problemini çözmeye uygun olmadığı için bir bozuk bir görüntüye dönüştürür (SR). Bu görüntü ile LR-HR çiftinin HR görüntüsü arasındaki fark görüntüsü modelin o an ki kayıp miktarını verir. Modelin parametreleri bu kayıp miktarıyla orantılı olarak kayıp miktarını azaltacak yönde sonuç vermesi için bir optimizasyon algoritması vasıtasıyla adım adım değiştirilir. Model eğitimi sırasında kendisine verilen milyonlarca farklı LR-HR çiftleri hangi LR görüntüsü verildiğinde HR'a yakın nasıl bir SR görüntüsü üretmesi gerektiğini öğrenir. Model girişine uygulanan LR görüntüsü eğitim sırasında görülmemiş bir veri olsa dahi eğitilen parametreleri ve kullanılan mimari sayesinde yüksek çözünürlüklü HR görüntüsüne oldukça yakın SR görüntü üretebilmektedir.

Geliştirilen modellerin yüksek başarımının yanında gerçek zamanlı uygulanabilir olması da oldukça önemlidir. Zira genel olarak makine öğrenmesi yöntemlerinde kullanılan model ve parametre sayısı arttıkça model başarımı artabilmektedir. Burada bir yöntemin pratikte kullanılabilmesini belirleyen husus doğru model mimarisinin seçilerek az sayıda parametre ile yüksek performans elde edebilmektir.



Süper çözünürlük problemi için evrimsel sinir ağı tabanlı örnek derin öğrenme modeli



ARIN

X-Ray Bagaj Kontrol Cihazları

ASELSAN ARIN X-Ray Bagaj Kontrol Cihazları Ürün Ailesi havaalanları, limanlar, sınır kapıları, gümrükler, devlet binaları, vb birçok kritik tesisin güvenliğinin sağlanmasında büyük öneme sahiptir. Tamamen yerli olarak milli imkanlar ile geliştirilen ARIN Ürün Ailesi etkin atom numarasına göre organik, inorganik, metal madde ayrımı ve 6 renkli gösterim yapabilmektedir. Cihazlarda otomatik patlayıcı tespiti, yüksek yoğunluklu bölgeyi görüntüleme, yüksek yoğunluk alarmı, organik/inorganik sıyırma, otomatik geometrik ve radyometrik düzeltme fonksiyonu, tünel giriş çıkışlarının kamerayla izlenmesi ile genişletilebilir kurgusal tehdit kütüphanesi kabiliyetleri bulunmaktadır.

www.aselsan.com



aselsan

TIBBİ GÖRÜNTÜLEME VE TERAPİDE YENİ ÇÖZÜM: MANYETİK NANOPARÇACIKLAR

Damla ALPTEKİN SOYDAN

Sefa KARACA

Dr. Can Barış TOP

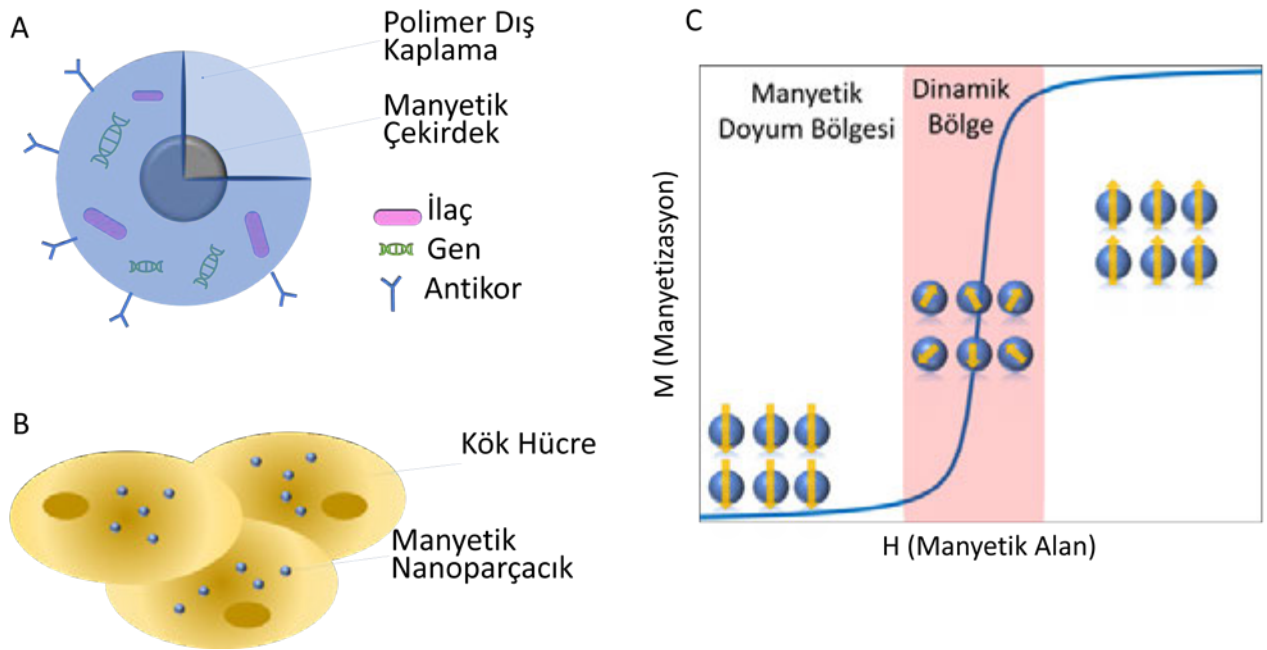


Manyetik nanoparçacıklar [MNP], kendilerine özgü fiziksel yapısı ve manyetik duyarlılığı sebebiyle çoğunlukla sağlık alanında tanı ve tedavi amaçlı kullanılmakla birlikte; manyetik ayırma, kimyasal ve biyolojik ajan tespiti, ısıtma ve sıcaklık görüntüleme gibi farklı uygulama alanlarında da kullanılabilmektedir. MNP'lerin yüksek çözünürlükte görüntü sağlama, dışarıdan uygulanan manyetik alan ile spesifik hedeflere yönlendirilme, derinlikten bağımsız olarak sinyal üretme, yüzey yapısı ile farklı moleküllere [örneğin ilaç, antikor, nükleik asit vb.] entegre edilme ve biyouyumlu olma gibi özellikleri bulunmaktadır. Bu nedenle, manyetik nanoparçacıklar tıbbi görüntüleme yöntemlerinde kullanılmak için oldukça uygundur. MNP'ler manyetik rezonans görüntülemede [MRG] görüntü çözünürlüğünü artırıcı yardımcı kontrast ajanı olarak kullanılabildikleri gibi, yeni bir yöntem olan manyetik nanoparçacık görüntüleme [MPG] yöntemi ile doğrudan görüntüleme amaçlı olarak da kullanılabilmektedir.

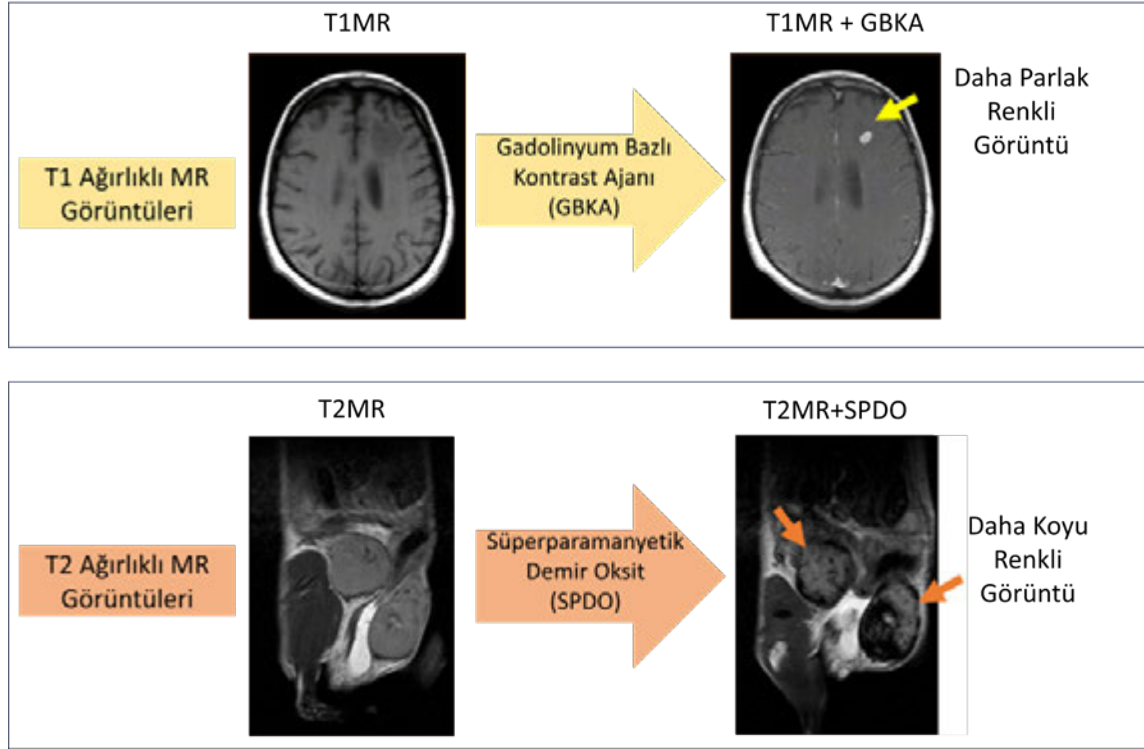
MANYETİK NANOPARÇACIKLAR VE ÖZELLİKLERİ

Manyetik nanoparçacıklar temel olarak paramanyetik özelliğe sahip bir çekirdek ve bu çekirdeği kaplayan işlevselleştirilmiş bir dış kaplamadan oluşmaktadır

[Şekil 1]. Merkezde bulunan manyetik çekirdek, dışarıdan bir manyetik alan uygulandığında, uygulanan alan yönünde hizalanarak manyetize olmakta, manyetik alanın olmadığı durumda ise rastgele yönelerek kalıcı bir manyetizasyon oluşturmamaktadır. Manyetik çekirdeğin bileşimi uygulamaya bağlı olmakla birlikte, genellikle yüksek manyetizasyona sahip paramanyetik gadolinyum bazlı kontrast ajanlar [GBKA] ve süperparamanyetik demir oksit [SPDO] nanoparçacıklar kullanılmaktadır. Manyetik nanoparçacıkların birleşmesini, birikmesini ve toksisitesini önlemek amacıyla, biyouyumlu bir dış katman kullanılır. Bu katman ayrıca, parçacıkların vücudun bağışıklık sistemi tarafından algılanarak yok edilmesini engeller. Dextran, carboxydextran veya başka polimerik karbonhidratlar kaplama malzemesi olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu polimerlere bağlanabilen antikor, ilaç, nükleik asit gibi moleküllerle nanoparçacıkların fonksiyonel hale getirilmesi ve başka uygulama alanlarında da kullanılabilmesi mümkündür. Polimer kaplı MNP'lerin boyutları uygulamaya bağlı olarak değişebilmektedir. Küçük boyutlu MNP'lerin kanda dolaşım süresi uzunken, daha büyük boyutlu polimerler karaciğer ve dalak tarafından tutuldukları için dolaşım süreleri kısadır. Klinik olarak onaylanmış MNP'ler genellikle 10-300 nm arasında büyüklüğe sahiptir.



Şekil 1 – A) Manyetik nanoparçacıkların yüzeylerine gen, ilaç, antikor vb. entegre edilerek tanı ve tedavi için kullanımı mümkündür. **B)** MNP'ler hücreler içerisine yerleştirilerek hücre etiketleme ve hücre takibi için kullanılabilir. **C)** MNP'lerin kendilerine özgü manyetizasyon karakteristiği bulunmaktadır. Paramanyetik nanoparçacıklar, uygulanan alan yönünde hizalanarak manyetize olmakta, manyetik alanın düşük olduğu durumda ise rastgele yönelmektedir.



Şekil 2 – (Üst) Kanserli bir hastaya GBKA verilmeden önce ve verildikten sonra alınan T1 ağırlıklı beyin MR görüntüleri verilmiştir. GBKA T1 ağırlıklı MR görüntülerinde pozitif kontrast yaratarak tümörlü bölgede parlak bir görüntüye sebep olmuştur. **(Alt)** Meme bezi tümörü bulunan farede SPDO verilmeden önce ve verildikten sonra alınan T2 ağırlıklı MR görüntüleri verilmiştir. SPDO nanoparçacıklar T2 ağırlıklı MR görüntülerinde negatif kontrast yaratarak tümörlü bölgede koyu renkli bir görüntüye sebep olmuştur [Kaynak: Serkova NJ, Front. Immunol., 2017].

MANYETİK NANOPARÇACIKLAR İLE TIBBİ GÖRÜNTÜLEME

MANYETİK REZONANS GÖRÜNTÜLEMEDE MNP KULLANIMI

Manyetik rezonans görüntüleme, statik manyetik alan ve radyo dalgaları kullanılarak anatomik görüntülerin oluşturulduğu, günümüzde radyolojide sıklıkla kullanılan bir görüntüleme yöntemidir. MRG'de kuvvetli bir mıknatıs ile statik manyetik alan oluşturularak hidrojen atomlarının manyetik momentlerinin manyetik alan yönünde hizalanması sağlanmaktadır. Bu hizalanma sonrası oluşan manyetizasyon longitudinal manyetizasyon olarak adlandırılmaktadır. Ardından, radyo dalgaları uygulanır. Protonlar uygulanan radyo dalgalarındaki enerjiyi alarak uyarılırlar ve manyetik hizalarından saparlar. Bu sırada oluşturdukları manyetizasyon ise transverse manyetizasyon olarak adlandırılır. Radyo dalgasının kesilmesi ile protonlar aldıkları enerjiyi dışarı vererek manyetik hizalarına geri

dönerler. Bu geri dönüş sırasında, longitudinal manyetizasyonun yeniden kazanıldığı süre T1, transverse manyetizasyonun kaybolması için geçen süre ise T2 olarak adlandırılır. Bu süreler, doku tipine göre değişmekte ve MR görüntülerindeki kontrastı sağlamaktadır.

MRG'de kullanılan nanoparçacıklar doğrudan görüntülenememekte, ancak nanoparçacık kullanımı dokuların T1 ve T2 sürelerini değiştirebilmektedir. Böylece, MNP'lerin bulunduğu bölgede farklı bir kontrast yaratılarak, T1 veya T2 ağırlıklı görüntülemelerde açıkça seçilemeyen bölgelerin görüntülenebilmesi sağlanmış olur. Bu durum iltihaplı bölgelerin, tümörlerin, kan damarlarının ve bazı organlar için kan akışının görünürlüğünü iyileştirerek, tanısal doğruluğu artırmaktadır. GBKA, T1 süresini azaltarak, parçacık bulunan bölgede pozitif kontrast yaratarak daha parlak bir görüntü oluşmasını sağlarken, SPDO'lar T2 süresini kısaltmakta ve negatif kontrast yaratarak daha koyu renkte bir görüntüye neden olmaktadır (Şekil 2).

GBKA son yirmi beş yılda ana kontrast ajanı olarak klinik uygulamalarda sıklıkla kullanılmıştır. Ancak, böbrek yetmezliği olan hastalarda GBKA uzun süre kan dolaşımında kalmakta ve biyouyumlu dış katman zamanla yok olmaktadır. Serbest kalan gadolinyum iyonları ise dokularda birikmekte ve toksik etki yaratmaktadır. Bu nedenle, GBKA hamilelerde, kanser hastalarında ve kronik böbrek hastalarında kullanılmamaktadır. SPDO nanoparçacıklar ise karaciğerde metabolize olduğu için hamileler ve kronik böbrek hastalarında dahi kullanımının güvenli olduğu değerlendirilmektedir. Bu nedenle SPDO'lar son yıllarda klinik uygulamalarda giderek daha fazla kullanılmaktadır.

MANYETİK NANOPARÇACIK GÖRÜNTÜLEME (MPG)

Manyetik parçacık görüntüleme (MPG), Gleich ve Weizenecker tarafından 2005 yılında önerilen yeni bir görüntüleme yöntemidir. Bu yöntem henüz klinik çalışmalarda kullanılmamış olup, klinik öncesi deneysel çalışmalar fantom (doku benzeri) malzemeler ve küçük hayvan deneyleri ile yürütülmektedir. Bu görüntüleme yönteminde, genellikle SPDO nanoparçacıklar izleyici madde olarak kullanılmakta ve doğrudan görüntülenmektedir. Manyetik nanoparçacıkların uygulanan manyetik alana bağlı olarak oluşturdukları manyetizasyon tepkisi kullanılarak yüksek çözünürlük ve hassasiyette, gerçek zamanlı, üç boyutlu görüntüler elde edilebilmektedir (Şekil 3).

MPG yönteminde, bobinler yardımıyla homojen olmayan ve içerisinde manyetik alan yoğunluğunun düşük olduğu, noktasal ya da çizgisel biçimde manyetik alansız bölge (MAB) oluşturulur. Statik alana ek olarak "sürüş alanı" adı verilen ve düşük frekanslı (kHz mertebesinde) zamana bağlı değişen bir manyetik alan uygulanır. MAB dışındaki nanoparçacıklar yüksek manyetik alan yoğunluğu nedeniyle doymuş durumda olup sürüş alanına tepki veremez. MAB civarında bulunan nanoparçacıklar ise sürüş alanına hızlı bir şekilde tepki vererek manyetize olur. Bu manyetizasyon sinyali, alma bobinleri kullanılarak alınır. MAB, görüntüleme bölgesi içinde elektronik ve/veya mekanik olarak taranarak nanoparçacık yoğunluğu ile orantılı bir görüntü elde edilir.

MPG yöntemi, MRG yöntemindeki gibi manyetik alan kullanımını içerdiği ve aynı manyetik nanoparçacıklar MRG'de kontrast ajanı olarak kullanılabilirdiği için bu iki yöntem sıklıkla karıştırılmaktadır. Ancak bu iki yöntem hem çalışma prensipleri hem de elde edilen

görüntüler bakımından birbirinden tamamen farklıdır. MRG'de dokular anatomik olarak görüntülenirken MPG görüntülerinde dokular görünmez, sadece vücuda verilen manyetik nanoparçacıklar görüntülenir. MRG'de elde edilen sinyal hidrojen atomlarının manyetizasyonu kaynaklı oluşurken, MPG'de alınan sinyal ise sadece nanoparçacıkların manyetizasyonundan kaynaklanmaktadır. Bu nedenle, anatomik görüntü ile nanoparçacık görüntüsü birbirine karışmamakta ve mutlak nanoparçacık yoğunluğuna bağlı görüntüleme yapılabilmektedir. Cihaz yapısı açısından bakıldığında ise, MRG yönteminde mıknatıslar tek yönlü homojen bir statik manyetik alan üretimi için kullanılırken, MPG yönteminde ise statik manyetik alan homojen değildir ve içerisinde manyetik alan yoğunluğunun az olduğu, manyetik alansız bir bölge bulunur. Yaratılan manyetik alanlar birbirinden farklı olduğu için bobin tasarımları birbirinden farklıdır. Ayrıca, manyetik nanoparçacıklar, 1.5 T manyetik alan içerisinde bulunan protonlara göre 10^8 kat yüksek manyetizasyona ve 10^4 kat daha hızlı relaksasyon süresine sahiptir. Bu nedenle hem gerçek zamanlı (saniyede yaklaşık 40 kare) hem de yüksek çözünürlüklü (<1 mm), üç boyutlu görüntüler elde edilebilmektedir.

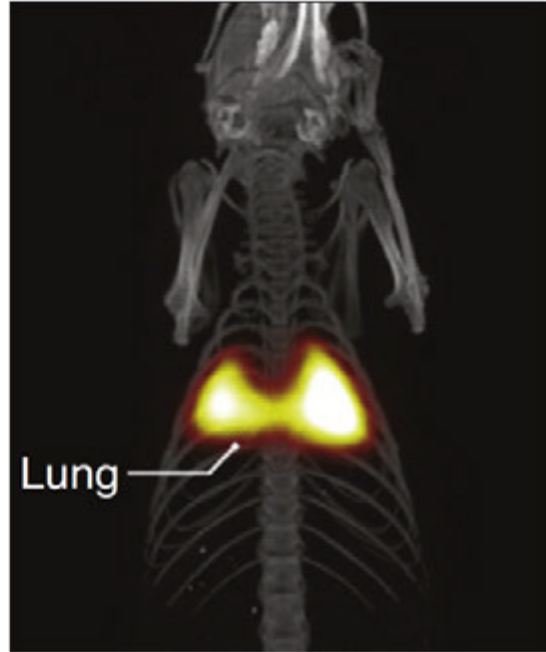
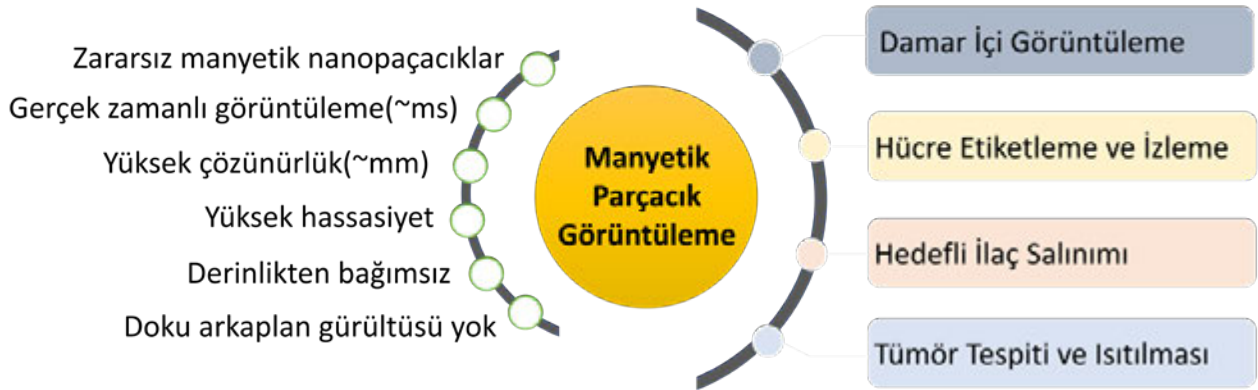
MPG, özellikle damarların görüntülenmesi (anjiyografi) ve damar içi araçların (örn. kateter) vücuda yerleştirilmesi (anjiyoplasti) için umut vaat edici güvenli bir alternatif yöntem olarak görülmektedir. Günümüzde bu işlemler için X-ışınlarının kullanıldığı yöntemler standart olarak kabul edilmiş durumdadır. Ancak bu cihazların yaydığı iyonizan radyasyon potansiyel kanser riski teşkil etmektedir. Ayrıca, hamilelik durumunda bilgisayarlı tomografi (BT) veya X-ışınları ile anjiyografi ve anjiyoplasti yapılamamakta; kronik böbrek hastalarında da kontrastlı BT ve manyetik rezonans görüntüleme yöntemleri uygulanamamaktadır. MPG, biyouyumlu MNP'ler ve zararsız manyetik alanlar kullanarak görüntü sağladığı için güvenli bir yöntemdir. Ayrıca, MNP'lerin dış kaplamasına bağlı olarak, saat mertebesinde uzun süre kan dolaşımında kalma avantajı bulunmaktadır. Daha uzun dolaşım süresi, beyinde kan hacmi ve perfüzyon takibini sağlayarak, inmenin teşhis edilmesine ve tedavisinin planlamasına yardımcı olabilir.

Damar görüntülemeye ek olarak, MPG hücre etiketleme ve izleme için de etkin bir görüntüleme yöntemi olarak değerlendirilmektedir. Hücre etiketleme çalışmaları; dejeneratif durumları, genetik hastalıkları ve fiziksel travmayı iyileştirme potansiyeline sahip olduğu için özellikle kök hücreler

üzerine yoğunlaşmıştır. Başarılı bir kök hücre tedavisi için, kök hücrelerin amaçlanan varış noktasına ulaştığının, zaman içerisinde ilgili bölgede kaldığının ve fonksiyonel doku veya organlar oluşturmak için canlılığını sürdürdüğünün doğrulanması gerekmektedir. Ancak kök hücrelerin doku içerisinde invazif olmayan yollarla izlenmesi zordur. Optik tekniklerde sınırlı derinlikleri görüntüleme, pozitron emisyon tomografisi (PET) veya tek foton emisyonlu bilgisayarlı tomografi (SPECT) gibi nükleer

görüntüleme tekniklerinde ise izleyicilerin sınırlı yarı ömrü ve kümülatif radyasyon dozu gibi etmenler bulunmaktadır. MPG yönteminde ise, MNP'ler ile derinlikten bağımsız, hassas ve yüksek çözünürlüklü bir görüntü oluşturulmaktadır. Damardan verilen kök hücrelerin takip edildiği hayvan deneyleri çalışmalarında, hava-doku arayüzlerinin neden olduğu artefaktlar nedeniyle geleneksel olarak MRG ve ultrason görüntüleme için zor olan akciğerlerde dahi kök hücreler görüntülenebilmiştir.

MANYETİK PARÇACIK GÖRÜNTÜLEME (MPG)



Şekil 3 – MPG'nin sıklıkla kullanılan uygulama alanları: damar görüntüleme ve hücre takibi **(Sol)**, MPG ile görüntülenmiş yüksek çözünürlüklü damar fantomu **(Sağ)**. MNP ile etiketlenmiş kök hücreler ile yapılan hayvan deneyinde, manyetik nanopaçacıklar akciğerlerde görüntülenebilmiştir. BT ile elde edilen anatomik görüntü ile MPG görüntüleri birleştirilmiştir. [Kaynak: Zhou ve ark., Current Opinion in Chemical Biology, 2018].

MANYETİK NANOPARÇACIKLAR İLE TERAPİ

MANYETİK NANOPARÇACIKLAR İLE HİPERTERMİ

Hipertermi, ısıtma yoluyla tedavi anlamına gelen tıbbi bir terimdir. Bu tedavi yönteminde tümör bulunan bölge yüksek ısıya maruz bırakılarak sıcaklığının yaklaşık olarak 43 °C'ye çıkarılması sağlanır. Uygulanan ısı, tümörlü hücrelerde doğrudan ölüme [apoptoza] sebep olmakla beraber, hücreleri kemoterapi ve radyoterapiye de daha duyarlı hale getirmektedir. Ayrıca, tümörlü hücrelerin vücudun bağışıklık sistemi tarafından tanınmasını sağlayarak tümörlü hücrelere karşı daha etkin bir savunma sağlamaktadır. Hipertermi, uygulandığı bölgenin büyüklüğüne göre tüm vücut, bölgesel ve lokal hipertermi olmak üzere üç başlık altında sınıflandırılabilir. Vücut ve bölgesel hipertermide, uygulanan ısı homojen olarak dağılmamakta ve vücut yüzeyine zarar vermeden derin bölgelere ulaşmakta yetersiz kalmaktadır. Lokal hipertermide ise belirli bir bölge ısıtılmakta, çevresinde bulunan sağlıklı dokulara zarar verilmemektedir. Bu nedenle, hipertermi uygulamalarında ısıtılacak bölgenin belirlenmesi ve odaklı olarak ısıtılması amaçlanmaktadır. Manyetik nanoparçacıkların ısıtılabilme ve lokalize edilme özellikleri bulunduğu için lokal hipertermi için umut vaat edici güvenli bir alternatif yöntem olarak görülmektedir.

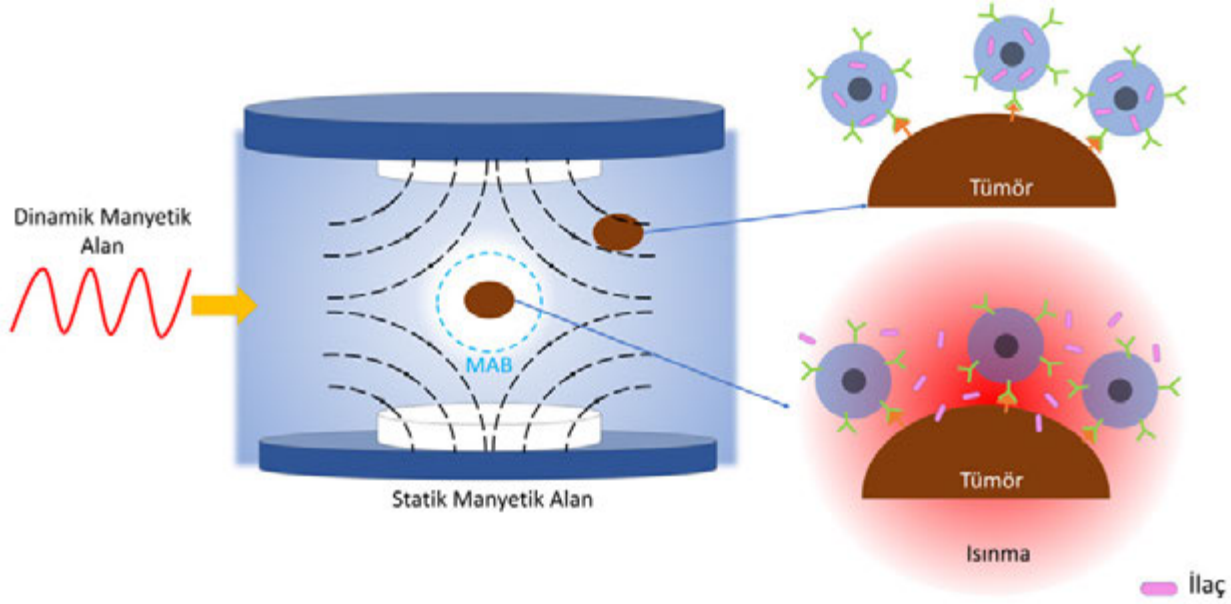
Manyetik nanoparçacıklarla hipertermi yönteminde, manyetik nanoparçacıklar tümörlü dokuya pasif ya da aktif hedefleme ile ulaşabilir. Pasif hedeflemede, tümör ve normal dokular arasındaki anatomik ve fizyolojik farklılıklar etkin olmaktadır. Tümörlü dokuları çevreleyen damarların çeperleri nanoparçacıkların sızabileceği şekilde boşluklu bir yapıda olduğu için yüksek geçirgenlik ve alıkoyma etkisine sahiptir. Dolayısıyla, tümörlü dokular sağlıklı dokulara göre daha fazla MNP tutabilir. Ayrıca tümör ortamında yeterli lenfatik drenaj olmamasından dolayı nanoparçacıklar tümörlerde birikebilmektedir. Aktif hedeflemede ise, MNP yüzeyine tümör hücresindeki spesifik işaretleri tanıyıp yüzeye tutunmasını sağlayan algılayıcılar [peptit, antikor, nükleik asit vb.] yerleştirilir. Örneğin, tümörlü bölgelerde normal dokulara nazaran çok daha yüksek oranda bulunan proteinlere [örn. damarlanmayı sağlayan Vasküler Endotelial Büyüme Faktörü] bağlanan antikorlar nanoparçacıklara entegre edilerek birikim sağlanabilmektedir. Ayrıca, vücut dışından miknatıslar yardımıyla manyetik alan oluşturularak MNP'lerin bölgesel olarak birikimi sağlanabilmektedir.

Tümörlü bölgede toplanan parçacıkların lokalize olarak ısıtılması için statik ve dinamik [zamana bağlı değişen] manyetik alanlar kullanılır. Lokalizasyon için, içerisinde manyetik alan yoğunluğunun düşük olduğu manyetik alansız bölge [MAB] bulunan statik bir manyetik alan uygulanır. MAB dışındaki nanoparçacıkların manyetizasyonları yüksek manyetik alan yoğunluğu nedeniyle doymuş durumda olup ek olarak uygulanan dinamik manyetik alana tepki veremezler. MAB içerisinde bulunan manyetik nanoparçacıklar ise doyuma ulaşmadığı için, uygulanan manyetik alana tepki verebilir. Değişken manyetik alan uygulandığında, MAB'da bulunan parçacıkların manyetik momentleri manyetik alanı takip edecek şekilde hızla değişir. Bu sırada sürtünmeden ve manyetizma eğrisinden kaynaklı enerji kaybı ortama ısı olarak yayılır ve ortam sıcaklığının artmasına neden olur. Böylece, sadece MAB içerisinde bulunan parçacıkların ısıtılması, yani odaklı ısıtma sağlanmış olur [Şekil 4].

Manyetik nanoparçacıklarla hipertermide doku derinliğinden bağımsız; odaklı ve kontrollü ısıtma ile tümörlü dokuların tedavisi veya mevcut tedaviye [kemoterapi gibi] yardımcı olmak hedeflenmektedir. Kullanılan nanoparçacıklar biyoyumlu olup, halihazırda klinik geçmişi bulunan parçacıklardır. Ayrıca, MNP'ler MRG ya da MPG ile görüntülenme özelliğine de sahiptir. MPG ile parçacıkların ilgili bölgeye ulaşıp ulaşmadığı, ne kadar süreyle tümörlü bölgede kaldığı ve sıcaklık bilgisi takibi yapılabilmektedir. Bu nedenlerle, manyetik nanoparçacıklarla hipertermi ve tümörlü dokulara etkisi araştırmacılar tarafından yoğun olarak çalışılmaktadır. Manyetik nanoparçacıklarla hiperterminin ilk klinik deneyleri 2003 yılında başlamış olup günümüzde FDA [Food Drug Administration] onayı alınmıştır; MPG sistemi kullanılarak gerçekleştirilmesi üzerine ise hayvan deneyleri devam etmektedir.

MANYETİK NANOPARÇACIKLAR İLE HEDEFLİ İLAÇ İLETİMİ

İlaç tedavisi; doğal, yarı sentetik ve sentetik kimyasalların kullanılması ile hastalığa sebep olan hücrelere zarar verip [ya da öldürüp], hastalığı iyileştirmeyi amaçlayan bir tedavi yöntemidir. Geleneksel olarak kullanılan ilaç uygulama yöntemlerinin [örn. ağızdan ya da damardan alınan ilaçların] bazı yan etkileri vardır. Hastaya verilen ilaçlar, insan vücudu tarafından yabancı madde olarak algılandığı için henüz hastalıklı hücreye etki etmeden boşaltım sistemi tarafından dışarı atılmaya çalışılmaktadır. Dolayısıyla, hastalığın



Şekil 4 – Manyetik nanoparçacıklara antikor ve ilaçlar eklenerek aktif olarak hastalıklı dokuda birikim sağlanabilmekte, değişken manyetik alan altında ısınma ve ilaç salınımı sayesinde odaklı tedavi yöntemlerinin geliştirilmesi mümkün olabilmektedir.

iyileşmesi için gereken dozdan daha fazlasının vücuda verilmesi gerekmektedir. Ayrıca, verilen ilaçlar hastalıklı hücrelerle beraber sağlıklı hücrelere de zarar vermektedir. Bu yan etkileri aşmak için hedefli ilaç iletimi yöntemi önerilmektedir. Hedefli ilaç iletimi yöntemi; ilacın sadece hastalıklı hücrelere etki etmesi için, ilacın hastalıklı bölgeye kontrollü olarak taşınmasını ve ilgili bölgeye ulaştığında aktif hale gelmesini amaçlayan bir yöntemdir. Manyetik nanoparçacıklar, sentezleri sırasında terapötik maddelerle birleştirilebilir ve dışardan uygulanan manyetik alan ile yönlendirilebilir özelliklerinden dolayı hedefli ilaç iletimi için potansiyel aday olarak görülmektedir.

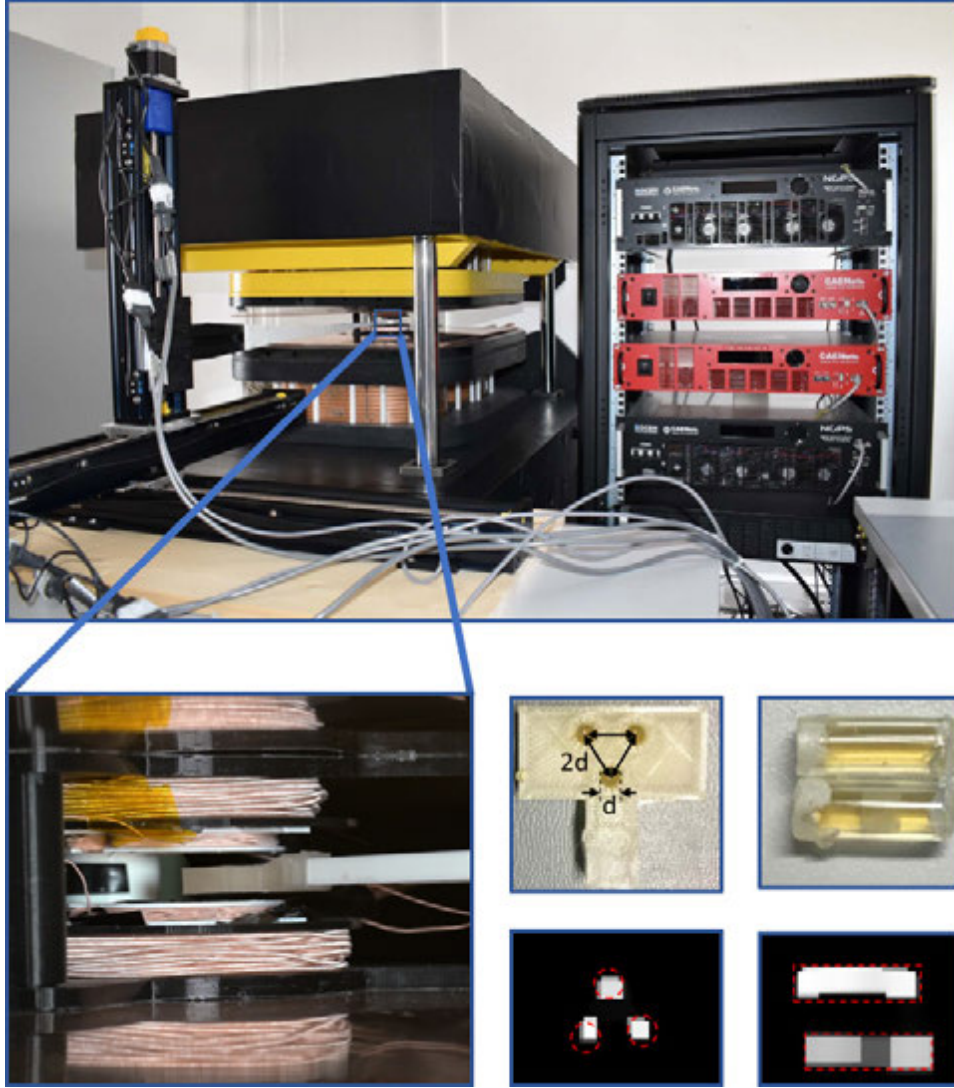
Hedefli ilaç iletiminde, terapötik maddeler manyetik nanoparçacıkların biyoyumlu dış kaplamasına entegre edilebildiği gibi, MNP'leri de içeren ortak bir biyoyumlu kapsül içerisinde de sentezlenebilir. Bu sayede ilacın hastalıklı bölgeye ulaşana kadar toksik etki göstermesi veya vücut tarafından dışarı atılması en aza indirilmiş olur.

MNP'lere hastalıklı hücreye özgü algılayıcılar bağlanarak, parçacıkların hastalıklı bölgeye tutunması sağlanabilir. Buna ek olarak, dışarıdan uygulanan bir manyetik alan ile MNP'lerin hastalıklı bölgede toplanmaları ve istenilen süre boyunca o bölgede kalmaları sağlanabilir. Ayrıca, parçacıkların

dinamik bir manyetik alan ile ısıtılmasıyla, terapötik maddenin salınımı gerçekleştirilebilir (Şekil 4). Böylece ilacın doğrudan hastalıklı hücreye etki etmesi sağlanır ve sağlıklı hücrelerin gördüğü zarar en aza indirgenmiş olur. İlaç salınım süresi ve ilacın miktarı kontrollü bir şekilde ayarlanarak ilacın etkinliği artırılır. Manyetik nanoparçacıklarla hedefli ilaç iletiminin başarısı hayvan deneylerinde gösterilmiş olup, klinik çalışmalar ise devam etmektedir.

ASELSAN'DA MANYETİK NANOPARÇACIKLARLA GÖRÜNTÜLEME VE TERAPİ

ASELSAN Araştırma Merkezinde, kenarları açık sistem mimarisi önerilmiş ve özgün bir prototip MPG sistemi geliştirilmiştir (Şekil 5). Kenarları açık konfigürasyon, girişimsel operasyonlara imkân sağlamakla birlikte, hastalar için kapalı sistemlere göre daha konforlu bir ortam yaratmaktadır. Bu sistemde, çizgisel bir manyetik alansız bölge elektronik olarak hızlı bir şekilde taranmaktadır. Bu sayede yüksek sinyal gürültü oranı elde edilmekte ve geniş bölgeler kısa sürede taranabilmektedir. 60 mm çaplı bir bölgede tarama yapabilen ASELSAN MPG prototip sisteminde küçük hayvan deneylerinin yapılması mümkün olabilecektir. Sistemde çözünürlük ve hassasiyet ölçümleri yapılmış, damar tıkanıklığı tespiti için yapılabilirliğini göstermek için fantom deneyleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5 – ASELN MPG Prototip Sistemi ve elde edilen fantom görüntüleri

Ağustos 2020’de başlatılan öz kaynaklı bir proje ile insan boyutuna uygun bir MPG tarayıcı geliştirmeye yönelik çalışmalara başlanmıştır. Bu tarayıcının manyetik rezonans görüntüleme için kullanımına yönelik araştırmalar da yürütülmeye başlamıştır. Bu sayede, MR görüntüleri ile anatomik bilgi elde edilirken MPG ile de nanoparçacıkların görüntülenmesi mümkün olabilecektir.

ASELSAN Araştırma Merkezinde görüntüleme çalışmalarına ek olarak, manyetik nanoparçacıklarla tedavi üzerine çalışmalara da başlanmıştır. Umut vaat eden nanoteranostik ajanlardan biri manyetik nanoparçacık (MNP) yüklü nanokabarcıklardır. Manyetik nanokabarcıklar, manyetik kuvvet ile tümörde birikim sağlamak ve ultrason ve/veya MRG altında tümör ablasyonu için

önerilmiştir. Vücuda damardan verilen sıvı dolu nanokabarcıklar buharlaştırılarak mikrokabarcıklara dönüştürülebilmektedir. Bu dönüşüm sırasında veya sonrasında mikrokabarcıklar ile stabil ve ataletsel kavitasyon oluşturularak tıropatik etki yaratılabilmektedir. Ancak nanokabarcıkların buharlaştırılması için yüksek frekanslı ve yüksek genlikli ultrason uygulanması gerekmektedir. Proje kapsamında yapılması planlanan çalışmalarla manyetik parçacık görüntüleme ve odaklı ultrason alanında sahip olduğumuz bilgi birikimi ile dünyada ilk defa manyetik parçacık görüntülemeye uygun manyetik nanoparçacık (MNP) yüklü nanokabarcıklar geliştirilecek, düşük frekans ve düşük genlikli ultrason ile odaklı terapi ve görüntüleme uygulamalarının yapılabilirliği araştırılacaktır.

SIKIŞTIRILMIŞ ALGILAMALI GÖRÜNTÜLEME NEDİR? NEREDE KULLANILABİLİR?

Alper GÜNGÖR

Yüksek çözünürlüklü görüntüleme günümüzde gerek sivil gerekse askeri olmak üzere pek çok alanda hayatımızın bir parçasıdır. Yüksek çözünürlüklü görüntüleme için yüksek çözünürlüklü bir kamera sensörüne ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak, özellikle termal görüntülemeye ihtiyaç duyulan yüksek çözünürlüklü sensörler ya çok pahalı olmaktadır ya da üretim teknolojilerindeki kısıt nedeniyle üretilmemektedir. Bu sebeple yüksek çözünürlüklü görüntüleme için alternatif görüntüleme yöntemlerinin kullanımı öne çıkmaktadır.

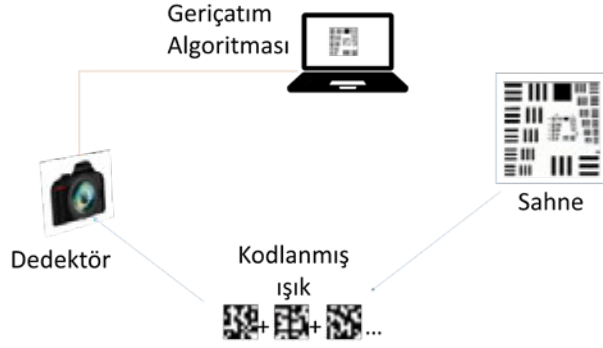
Bu alternatif görüntüleme yöntemlerinden potansiyeli en yüksek olanı, düşük çözünürlüklü görüntülerden yüksek çözünürlüklü görüntüleme sağlayan sıkıştırılmış algılamalı görüntüleme yöntemidir. Sıkıştırılmış algılamalı kameralarda, düşük çözünürlüklü dedektörler ve yüksek çözünürlüklü konfigüre edilebilen uzamsal filtreler birlikte kullanılarak kodlanmış düşük çözünürlüklü görüntüler elde edilir. Alınan kodlanmış düşük çözünürlüklü birden çok görüntü işlenerek yüksek çözünürlüklü görüntü elde edilir.

Geleneksel kamera sistemleri, örneğin toplam on altı görüntüyü birleştirerek dört kat daha yüksek çözünürlükte görüntü oluşturabilmektedir. Ancak on altı adet fotoğrafın çekilmesi uzun bir zaman almaktadır ve kameranın görüntüleme süresini uzatmaktadır. "Sıkıştırılmış algılama" terimi, yüksek çözünürlüklü görüntü oluşturulması sırasında devreye girmektedir. Bahsedildiği gibi, sıkıştırılmış algılama, az sayıda ölçüm kullanarak yüksek çözünürlüklü görüntü üretebilmeyi sağlayan bir sinyal işleme tekniğidir. Temel prensibi, görüntülerin sıkıştırılabilmesine dayanmaktadır. Örneğin, bugün mobil cihazlarda sıklıkla kullanılan 32 megapiksel kameralar kırmızı, yeşil ve mavi kanalları ayrı ayrı örneklemektedir. Çekilen her fotoğraftaki her piksel 1 bayt yer kaplamaktadır. Basit bir hesaplama, 32

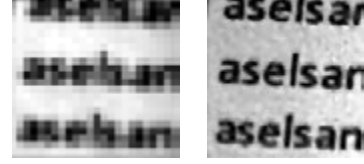
megapiksel bir kamera ile çekilen her görüntünün 96 megabayt yer kaplaması gerekmektedir. Ancak, görüntüler sıkıştırılabilmekte ve ortalamada 4 megabayt yer kaplamaktadır. 4 megabaytlık yer kaplayan görüntü için geleneksel kameralar 96 milyon adet sensörden gelen ölçüm kullanmaktadır. Sıkıştırılmış algılayıcı kamera, kullanılan ölçüm sayısını azaltmakta, bu sayede on altı yerine beş görüntüyü birleştirerek dört kat daha yüksek çözünürlükte görüntü oluşturabilmektedir. Benzer durum farklı katsayılarıdaki çözünürlük artışı için de geçerli olmaktadır.

Tekniğin ilk uygulaması tek piksellik bir kamera üzerinde yapılmıştır. Bu sistemde, yalnızca tek bir pikselde ışık şiddeti ölçümü yapabilen bir sensör kullanılmış kodlanmış şekilde alınan birden çok ölçüm birleştirilmiş ve bir görüntü oluşturulmuştur. Geleneksel kamera sistemleri görüntüyü bir optik sistem yardımıyla sensör üzerine düşürerek çalışmaktadır. Ancak, tek piksellik kamera sisteminde görüntü sensör üzerine düşürülmeden önce bir filtre üzerine düşürülmektedir. Bu filtre, üzerine düşen ışığı bazı noktalarda geçirirken bazı noktalarda bloklamaktadır. Ardından filtreden geçen ışık sensöre düşürülmektedir. Böylece sensörde yalnızca filtrenin ışığı geçiren tarafındaki toplam ışık miktarı ölçülmektedir. Ardından, filtre değiştirilerek ölçüm tekrarlanır. Bu işlemler bittikten sonra, alınan ölçümler ileri görüntüleme algoritması yardımıyla işlenerek yüksek çözünürlüklü görüntüler üretilmektedir.

Yıllar geçtikçe, bu teknik kullanılarak daha yüksek çözünürlüklü dedektörlere sahip kamera sistemleri geliştirilmiştir. Örneğin tek piksel yerine çok piksellik bir sensörün bulunduğu durumda, alınan ölçüm sayısı azaltılabilmektedir. Örnek bir sıkıştırılmış algılayıcı görüntüleme sistemi Şekil 1'de verilmiştir. Burada bir kaynaktan gelen ışık, kodlanmış filtrelerden geçirilmekte ve daha sonra bir sensöre düşürülmektedir. Sensör üzerine düşürülen ölçümler daha sonra birleştirilerek yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilmektedir.



Şekil 1 - Sıkıştırılmış algılayıcı görüntüleme teknolojisi



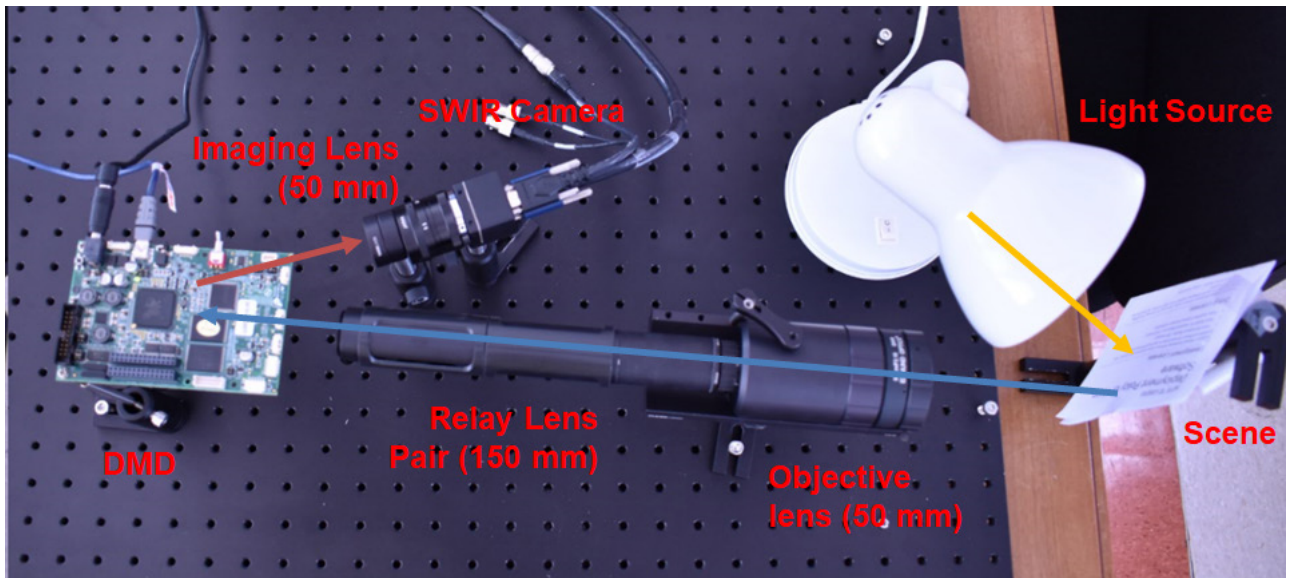
Şekil 2 - (solda) Geleneksel bir kamera ile elde edilen görüntü (sağda) sıkıştırılmış algılayıcı kamera ile elde edilen 6x6 kat yüksek çözünürlüklü görüntü

ASELSAN Araştırma Merkezinde sıkıştırılmış algılamalı görüntüleme konusunda da projeler yürütülmektedir. Sıkıştırılmış algılamalı kamera, görüntüleme yöntemlerini kökten değiştirebilecek potansiyele sahiptir. Ancak şu ana kadar yapılan çalışmalar üniversite laboratuvarları düzeyinde kalmış olup henüz sıkıştırılmış algılamalı görüntülemenin kullanıma girdiği bir ürün bulunmamaktadır. Bunun en temel iki sebebi, görüntüleri kodlanmış olarak almayı sağlayan altsistemlerin küçük bir kamera içerisinde entegre edilmesinde yapısal güçlüklerin bulunması ve düşük çözünürlüklü fotoğraflardan yüksek çözünürlüklü görüntü oluşturan algoritmaların çalışmasının uzun sürmesidir.

ASELSAN Araştırma Merkezinde özellikle bu iki soruna odaklanan çalışmalar yapılmakta ve ülkemizin yüksek çözünürlüklü görüntüleme

ihtiyaçlarının karşılanması üzerine çalışılmaktadır. ASELSAN Araştırma Merkezinde öncelikle bir görüntüleme düzeneği tasarlanmış ve üretilmiş olup bu görüntüleme düzeneğinden alınan ölçümler ile yüksek çözünürlüklü görüntüler oluşturulmuştur. Bu görüntülerin mobil bir sistemde gerçek zamanlı oluşturulabileceği gösterilmiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar uluslararası konferans ve dergilerde yayın olarak bilim ve teknoloji dünyasının dikkatine sunulmuştur. Yapılan çalışmalar olumlu tepkiler toplamıştır. Görüntüleme düzeneğinin küçük sisteme entegrasyonu üzerine çalışmalar devam etmektedir. Geleneksel kamera sistemi ve sıkıştırılmış algılamalı kamera ile elde edilen örnek görüntüler Şekil 2’de gösterilmiştir. Elde edilen görüntüleme düzeneği Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3 - Kızılötesi süperçözünürlüklü görüntüleme için geliştirilen laboratuvar prototipi sistemi

BİLGİSAYARLAR İNSAN GİBİ GÖRÜP ALGILAYABİLİR Mİ?

İbrahim Batuhan AKKAYA





İnsanın görme sistemi, sensör organ yani göz ve beyinden oluşan bir sistemdir. Çevremizdeki nesnelerden yansıyan görünür ışığın iki boyutlu projeksiyonundan, üç boyutlu bir dünya kurgulayarak insanların çevresel uyumuna katkı sağlar. İnsan görme sistemi doğuştan var olan bir yapıdır. Bir başka deyişle görmeyi öğrenmemize gerek yoktur. Çevremizdeki nesnelerden yansıyan ışık korneadan gözlere girer. Göze giren ışık miktarı gözbebekleri ve iris yardımıyla ayarlanarak gözün içine yönlendirilir. Işık korneadan geçtikten sonra retinaya girer ve retinada bulunan fotoreseptörlere ulaşır. Fotoreseptörler ışığı elektrik sinyallerine dönüştürerek optik sinirler aracılığıyla beynimizin arka kısmına gönderir.

Göz tek başına değerlendirildiğinde bir kamera gibi çalışır. Benzer bir şekilde kameraya gelen ışık, mercek sistemi boyunca hareket eder ve algılayıcı olarak çalışan ve görüntüyü elektrik sinyallerine dönüştüren dedektör yardımı ile dijital formata dönüştürülür. Günümüzdeki teknolojik gelişmeler ile görünür spektrumun ötesindeki ışığı algılayabilen ve yakınlaştırmak için çok sayıda lens içeren kameralar üretebiliyoruz. Bu tarz kameralar bazı konularda insan gözünden üstün özellikler taşımalarına rağmen, görüntünün anlamlandırılması konusunda insan görme sisteminin oldukça gerisinde kalmaktadır.



Doğumdan ölüme kadar, insanların temel becerileri bilinçaltında gelişmektedir. Görme duyusu gibi duyularımız sürekli olarak beynimize veri sağlar. Bu bilgiler beynimiz tarafından işlenir algımız oluşur. Görme hissi de bilgi işleme sonucu oluşmaktadır. Bir görüntünün ne olduğunu anlamak için beynimizin bu bilgiyi renk, şekil, hareket ve detay olarak temsil edebilmesi gerekir. Yapay zekâ, insan zihninin problem çözme ve karar verme yeteneklerini taklit etmek için bilgisayarlardan ve makinelerden yararlanır. Yapay zekâ algoritmalarının bazı eğitim algoritmaları biyolojik öğrenmeden esinlenmiştir. Derin öğrenme, beyinden ilham alan bir yapay zekâ yöntemidir. Eğitim seti adı verilen örnek verilerden öğrenen bir tür makine öğrenmesi algoritmasıdır. Algoritmalar yalnızca eğitim verileriyle eğitilebildiğinden, girdiden özellik çıkarma gibi insan müdahalesine ihtiyaç duyulmaz. Derin öğrenme ağ mimarisi beyne benzerliği nedeniyle yapay sinir ağı olarak da adlandırılır.



Bilgisayarla görü, bilgisayarların dijital görüntülerden veya videolardan nasıl üst düzey bir anlayış kazanabileceğiyle ilgilenen disiplinler arası bir bilim dalıdır. Mühendislik açısından bakıldığında, insan görsel sisteminin yapabileceği görevleri anlamaya ve otomatikleştirmeye çalışır. Yapay zekâ destekli bilgisayarlı görü, canlılardaki görsel algı süreçlerini matematiksel olarak modellemeyi ve bilgisayarların kapasitesini kullanarak bu görsel yetenekleri taklit etmeyi sağlayan modeller ve algoritmalar geliştirmeyi amaçlayan bir yapay zekâ alanıdır. Bu alandaki gelişmeler, bilgisayarların insan yardımı olmadan görüntüler hakkında çıkarımlarda bulunabileceğini göstermektedir. İnsanlar çevresindeki dünyayı zahmetsizce algılayabildiği için bu basit bir işlem gibi görünür fakat bir bilgisayara insan gibi görmeyi öğretmek oldukça zordur.

Yakın zamana kadar, bilgisayarla görü yalnızca sınırlı bir kapasitede çalışıyordu. Yapay zekâdaki ilerlemeler ve derin öğrenme ve sinir ağlarındaki yenilikler sayesinde bu alan son yıllarda büyük atılımlar yapabilmiş ve nesneleri algılama ve etiketleme ile ilgili bazı görevlerde insanları geçmeyi başarmıştır. Bilgisayarlı görü başarısının arkasındaki itici faktörlerden bazıları, günümüzde yüksek miktarlarda üretilen ve bilgisayarlı görü yöntemlerini eğitmek için kullanılan etiketli veri miktarı ve yüksek işlem kapasitesine sahip donanımlar yardımı ile eğitilebilen karmaşık modellerdir. Karmaşık modellerin çok sayıda etiketli veri ile eğitilmesi yüksek başarımlara ulaşsa da beraberinde bazı problemler getirmektedir. Örneğin etiketli verinin az bulunduğu alanlarda yüksek performanslı modeller eğitmek ve karmaşık modellerin gerçek zamanlı sistemlerde çalıştırılması hâlâ açık bir problemdir.

GÖRSEL ALAN UYARLAMA PROBLEMİNDE ÖĞRENME TABANLI YAKLAŞIMLAR

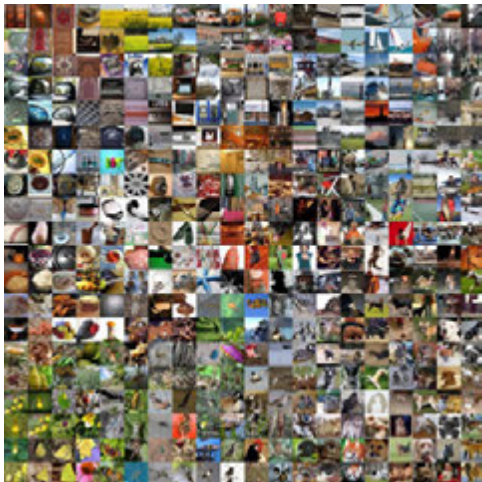
Fazıl ALTINEL

Son yıllarda hem endüstriyel hem de akademik alanlarda popülerlik kazanan derin öğrenme teknikleri, özellikle bilgisayarlı görü ve örüntü tanıma alanlarında yaygın şekilde kullanılmaya başlamış ve bu alanlarda önemli başarılar elde edilmiştir. Derin yapay sinir ağlarının özelleşmiş bir türü olan evrişimsel sinir ağları hiyerarşik yapısı ile görüntülerden anlamsal öznitelik çıkarımı anlamında öne çıkmaktadır. Bu öznitelikler; sınıflandırma, anlamsal bölütleme, yüz tespiti ve tanıma, insan poz kestirimi ve nesne takibi gibi bilgisayarlı görünün neredeyse tüm alanlarındaki uygulamalarda temel oluşturarak, yüksek başarımların elde edilmesinde kilit rol oynamaktadır.

Derin öğrenme tekniklerinde gürbüz öznitelikler çıkarabilmek için milyon mertebesinde etiketli veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle askeri uygulamalarda, uygulamaya özgü veri toplamak ve bunları etiketlemek son derece pahalı ve zahmetlidir. Verilerin etiketlenebilmesi için konusunda uzman askeri personelin uzun bir zaman ayırması gerekmektedir. Bu da hem maliyet hem de zaman açısından büyük kayıplara neden olabilmektedir. Bu nedenle, derin sinir ağlarını eğitecek yeterli veri her zaman bulunamayabilir. Bununla birlikte, uygulama

alanından veri kümesi oluşturulsa bile; aydınlanma, görüntü kalitesi, poz değişikliği ve mevsim farkları gibi sebeplerle toplanan ve eğitimin yapıldığı kaynak veriler ile performans testlerinin yapıldığı hedef veriler arasında "alan kayması" meydana gelebilir. Bu durum, öngörülen performansa ulaşılmasını engelleyebilir.

Büyük veri çağı, birçok alan ve uygulamada bize veri sağlamaktadır. Örneğin, ImageNet veri kümesi, aralarında araçlar, eşyalar, hayvan türleri gibi sınıfların bulunduğu bin farklı sınıfta toplamda 14.197.122 etiketli görüntü içermektedir [Şekil 1]. İlk bakışta, halka açık olan bu gibi veri kümelerinin askeri verilerden farklı olduğu değerlendirilse de birçok nesne görünüm açısından benzerlikler içermektedir. Örneğin, sivil yolcu uçakları ile askeri uçaklar ya da sivil araçlar ile askeri araçlar birçok benzerlik barındırmaktadır. Buna ek olarak benzetim teknolojilerinin gelişmesi ile beraber, istenilen uygulamaya benzerlik gösteren sınırsız sayıda sentetik etiketli görsel oluşturulabilmektedir. Bu yardımcı verilerin bulunduğu alandan elde edilen bilgileri hedef alana uyarlayanın gerçek dünyadaki uygulamalarda performansın artırılması anlamında faydalı olacağı değerlendirilmektedir [Şekil 2].



Şekil 1 – ImageNet veri kümesi örnekleri. [Kaynak: <https://cs.stanford.edu/people/karpathy/cnnembed/>]



Şekil 2 – Sentetik kaynak alan ve gerçek hedef alan veri örnekleri [Kaynak: VisDA17 veri kümesi]

Alan uyarlaması, bir hedef alandaki yeni görevleri yerine getirmek için bir veya daha fazla ilgili kaynak alandaki etiketli veriyi/verileri kullanan özel bir transfer öğrenmesidir. Başka bir ifadeyle, giriş bölümündeki örneklerde de vurgulandığı gibi büyük miktardaki etiketlenmiş veri eksikliğini ele alan bir öğrenme tekniğidir. Transfer öğrenmesi yöntemlerinin tüm alt sınıfları değerli olmasına karşın, alan uyarlama yöntemlerinin askeri uygulamalardaki etiketli verinin az olması problemine doğrudan cevap vermesi bu başlığı diğerlerine göre öncelikli kılmıştır.

İlk kez 2014 yılında Goodfellow ve arkadaşları tarafından önerilen üretken çekişmeli ağların derin öğrenmenin farklı alanlarında kullanımı hızla artmaktadır. Üretken çekişmeli ağların başarısı, alan uyarlama yöntemlerine de yansımıştır. En gelişmiş alan uyarlaması yöntemleri, genellikle çekişmeye

dayalı yaklaşımları kullanmıştır. Bu yaklaşımlar üretken ve üretken olmayan modeller olarak iki ana başlıkta incelenebilir.

Üretken modellerde, üretken çekişmeli ağlar kullanılarak hedef alanda sentetik veri oluşturulur. Tipik durumlardan biri, hedef örneklerle benzer simüle edilmiş örnekler oluşturmaktır. Üretken olmayan modellerde ise biri verinin kaynaktan mı yoksa hedef alandan mı geldiğini sınıflandıran ayırt edici ağ, diğeri ise girdi olarak verilen resimden öznitelik çıkaracak bir öznitelik çıkarıcı ağ olmak üzere iki ağdan oluşur. Öznitelik çıkarıcı ağ iki alan için birbirinden ayırt edilemeyecek öznitelikler çıkarma yönünde, ayırt edici ağ ise bu öznitelikleri ayırt etme yönünde eğitilir. Bu çekişmeli hedef doğrultusunda eğitilen ağ yardımı ile alanlar arası kaymanın azaltılması amaçlanır.

GERÇEK ZAMANLI ANLAMSAZ SINIFLANDIRMA – OPERATÖR YORGUNLUĞUNUN OTOMATİK TESPİTİ

Gülün TÜFEKCI

İnsanlar; kimi zaman bilinçli bir şekilde kimi zaman istemsiz olarak çevresinde gördüğü objeleri ve durumları algılayan, sorgulayan, mantıksal şekilde ilişkilendirebilen ve çıkarım yapabilen varlıklardır. Doğamız gereği, henüz çevremizle ilgili bilgimizin ve tecrübemizin oldukça az olduğu durumda bile sürekli olarak öğrenme eyleminde bulunmaktayız. Yaptığımız gözlemler ve elde ettiğimiz çıkarımlar, dışarıdan aldığımız doğru ve yanlış bilgiler ile birleştiğinde anlam kazanmaktadır. Yaşamımızın ilk senelerinde gündüzün aydınlık olduğunu ya da yaprakların renginin yeşil olduğunu bilemeyiz; fakat günlük yaşantımız boyunca pek çok örnekle karşılaşır daha önceki bilgi birikimimizle karşılaştırarak doğru şekilde anlamlandırabilmeyi öğrenmekteyiz.

İnsanların öğrenme yeteneği, algıladıklarını anlamsal bir çerçeveye oturtarak kendini şekillendirebilmesi, her geçen gün bilinmeyenleri açığa çıkararak ve yeni bakış açıları katarak çevresine yön verebilmesi hayranlık uyandıran özelliklerdir. Sorgulamayı, araştırmayı, yeni kazanımlar edinmeyi benimseyen insanlar; elbette ki beyin çalışma prensiplerini

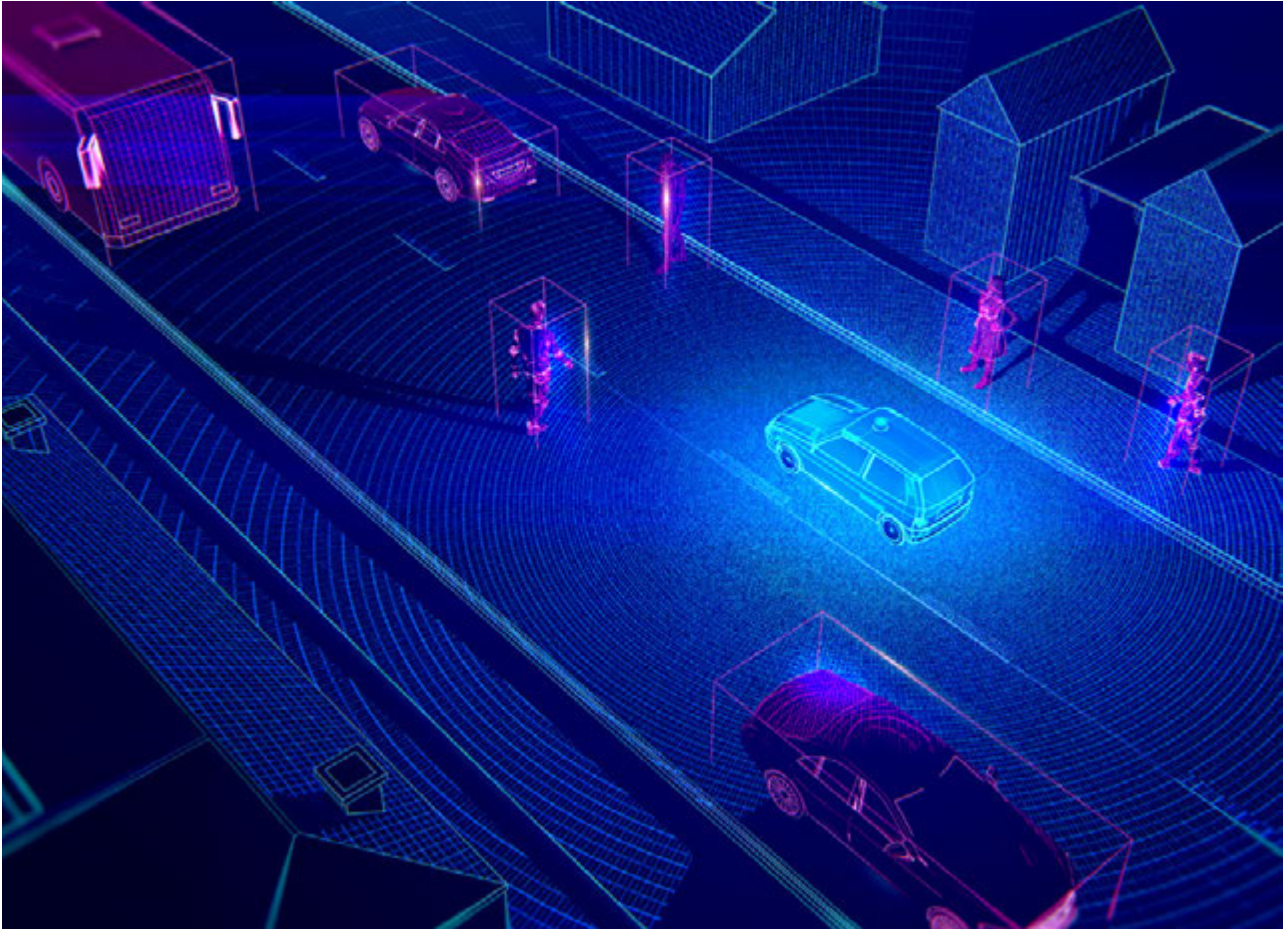
ve öğrenme mekanizmasını da sorgulamıştır. Uzun yıllar boyunca insan beyni incelenmiş, modellenmeye çalışılmış, algılama ve anlamlandırma üzerine odaklanılmıştır. Öğrenmede büyük rolü olan nöronların yapısı incelenmiş ve birbirleri ile olan etkileşimin yarattığı zihinsel algı araştırılmıştır. Yeni bir örnek görüldüğünde; daha önceden karşılaşmış ve hakkında bilgi sahibi olunan durumda yine aynı algının oluşması, daha önceden karşılaşılmamış ise benzerleri ile ilişkilendirilerek anlamsal bir bağ kurulması gibi yetenekler sorgulanmıştır. Bu sayede insanın gördüklerini yorumlaması, öğrenmenin gerçekleşmesi, görsel algının yetenekleri hakkında bilgi sahibi olunmuştur.

Çok basit mantıksal işlemlerin insan sinir sisteminde bulunan nöron benzeri bir yapı ile gerçekleştirilebilmesi ile başlayan yapay sinir ağları çağı, çok katmanlı algılayıcıların geliştirilmesiyle adını duyurmuş ve günümüzde pek çok alanda karşımıza çıkan derin öğrenmeye evrilerken yerini bulmuştur. Temel amaç, insan beyninin çalışma yapısını taklit ederek makine öğrenmesini

gerçekleştirmektedir. Bu kapsamda görülen örneklerin uygun etiketler ile sınıflandırılması, bir sahne içindeki objelerin tespit edilmesi, görseldeki ana parçaların ya da spesifik parçaların diğerlerinden ayrıştırılması gibi uygulamalar yer almaktadır. Tek bir görüntü ya da video gibi ardışık görüntülerden oluşan görseller üzerinden çıkarımlar yapabilmek, görüntüleri tespit ederek anlamlandırma ve modelleme “bilgisayarlı görü” olarak adlandırılmaktadır. Bilgisayarlı görü ile; görüntünün özelliklerine dayanan ve alan uzmanlığı gerektiren makine öğrenmesi yöntemlerine ve geliştirilen özel algoritmalara ihtiyaç duymadan, verinin anlamsal bütünlüğünü ve özneteliklerin ilişkisini kullanarak verinin kendisinden çıkarımlar yapılabilmektedir. Uygun donanım ile birleştiğinde yaptığı anlamsal çıkarımları neredeyse gerçek zamanlı olarak çıktı olarak verebilmektedir. Bu sayede günlük hayatımızda yer bulabilmektedirler.

Bilgisayarlı görü, çeşitli uygulamalara entegre edildiğinde ortaya oldukça yenilikçi, günlük hayatımızı kolaylaştıran ve geleceğimizi şekillendirecek adımlar atmamızı sağlayan sistemler ortaya çıkmaktadır.

Bir sistemi, donanımı ya da aracı kullanan bir operatörün tepkilerinin gözlemlenerek, yorgunluk belirteçlerinin bilgisayarlı görü aracılığıyla tespit edilerek anlamlandırılması ve operatöre gerçek zamanlı olarak uyarı verilmesi oldukça başarılı bir uygulama alanıdır. Yorgunluk; kişinin sorumlu olduğu görevi yapmasını ve dikkatini toplamasını engelleyen, kişiyi uyku haline sürükleyen, görsel ya da zihinsel kaynaklı olabilen bir durum olarak tanımlanabilir. Yorgunluğun ilk aşamaları henüz bir tehlike teşkil etmese de yorgunluk hali devam ettiğinde ve kişi uyku durumuna geçtiğinde geri dönülemez sonuçlar yaratabilir. Yorgunluğun neden olabileceği ciddi sonuçları resmetmek için araç sürücülerini düşünülebilir. Uyku durumu, hatta anlık göz kapanması ya da dikkat dağınıklığı telafi edilemeyen sonuçlar doğurmaktadır. Yapılan araştırmalar sürücü yorgunluğunun kaza riskini yüzde 4-6 oranında artırdığını göstermiştir. Bu nedenle yorgunluk durumu daha oluşmadan fakat yorgunluk belirteçlerinin gözlemlenebilir olduğu seviyede yorgunluk tespiti, yakın gelecekteki geri dönülemez durumların engellenmesi için önemli bir aşamadır.





Yorgunluk belirteçlerini gözlemlmek için üç farklı yaklaşım bulunmaktadır. İlki, elektroensefalografi (EEG) gibi operatörün beynindeki elektriksel aktiviteyi ölçerek sinyallerin yorumlanmasıdır. Fakat bu durumda operatör doğal davranışından kaçınmakta ve rahatsız hissetmektedir. İkinci yöntem, operatörün kullandığı donanım ya da aracın davranışlarının izlenerek yorumlanmasıdır. Bu yaklaşımda da operatörden kaynaklanmayan pek çok durum yanlış anlamlandırılabilir. Son yaklaşım ise operatörün bir kamera yardımıyla gözlemlenerek elde edilen verilerin bilgisayarlı görü ile anlamlandırılarak çıktı üretilmesidir.

Kamera görüntüsü tabanlı yorgunluk tespiti için yorgunluk belirteçlerinin gözlemlendiği başlıca alanlar vardır. Operatörün duruşu, kafasının eğikliği, mimikleri ve yüzündeki değişimler yorgunluk hakkında bilgi verici bölgelerdir. Örneğin operatörün kafasının yana düşmesi, gözlerini daha ağır şekilde daha seyrek kırpması, esneme amaçlı ağzının açılması, gözlerinin uzun süreli kapanması gibi belirteçler kişinin uyku durumuna geçişte olduğunu göstermektedir. Daha efektif ve akıllı bir uygulama için bu belirteçler daha hafif şekilde gözlemlendiğinde "yorgunluk başlangıcı" olarak anlamlandırma yapabilmek gerekmektedir. Bilgisayarlı görü kapsamında derin öğrenme ile yorgunluk başlangıcı belirteçleri tespit edilebilmekte ve operatörün normal davranışının dışında olduğu yargısı çıkarılabilmektedir. Burada yorgunluk tespitinin otomatik gerçekleşmesinin başarısı derin öğrenmenin mantığı ile açıklanmaktadır. Bilgisayarlı görü için derin öğrenme; ardışık olarak yerleştirilen çok sayıda katmanın, evrimsel işlemler ile görselin farklı bölgelerine odaklanarak öznelilikler arasındaki ilişkileri açığa çıkarmasına ve anlamsal bütünlüğü yakalayarak isimlendirebilmesine dayanmaktadır. Bu işlem için derin sinir ağı eğitimi sürecinden geçmektedir. Buradaki amaç, derin sinir ağılarına pek çok sayıda örneği tekrar tekrar

göstererek gizli kalmış ilişkilerin algılanması ve doğru şekilde yorumlanmasıdır. Küçük bir çocuğun ilk kez gördüğü bir objeyi yanlış yorumlayıp, obje ile ne kadar çok karşılaşır o kadar iyi öğrenmesi ile benzer olaylardır. Derin sinir ağlarına yorgun ve yorgun olmayan operatörlerin videoları tekrar tekrar gösterilerek yorgunluğun belirtici olan durumları algılayabilmesi sağlanmaktadır. Çok sayıda, çeşitli örnekleri gördükçe derin sinir ağlarının genelleme ve doğru çıkarım yapabilme yeteneği gelişmekte ve doğruluk performansı artmaktadır.

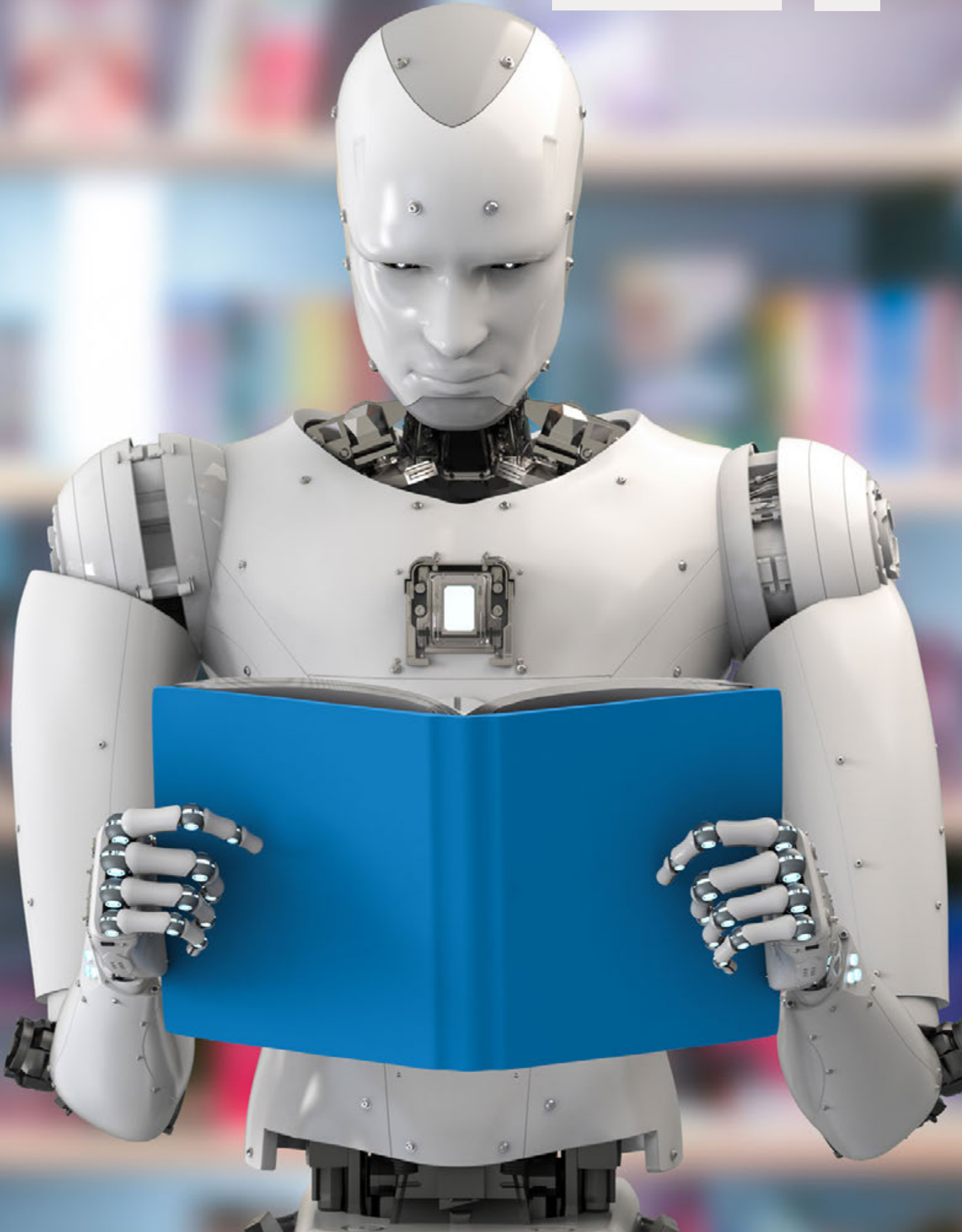


Operatör yorgunluğunun tespit edilmesi uygulamasında derin sinir ağlarının tercih edilmesinin başlıca nedenleri, gizli örüntülerin ortaya çıkarılabilmesi ve genelleme yeteneğidir. Derin sinir ağı; yüzdeki belli bölgelerin tespit edilerek ince hesaplamalar ile formülize edilip önceden belirlenmiş modeller ile karşılaştırılmasındansa, verilerin kendisinden öğrenmeyi amaçlamaktadır. Bu kapsamda görsel öznelilikler arasında bulunan fakat her zaman görünür olmayan gizli örüntüleri açığa çıkararak görevi öğrenmektedir. Genelleme yeteneği sayesinde sadece belli tipteki örnekler üzerinde değil, daha önce görmediği benzer görseller üzerinde de çalışabilmektedir. Kurduğu anlamsal ilişkiler ile örneklerden öğrenerek çıkardığı modeli güncelleyerek oldukça yüksek tahmin yeteneğine sahiptir.

Bilgisayarlı görü, operatör yorgunluğunun tespiti gibi günlük yaşantıda uygulanabilir ve kolaylık sağlarken hayat kalitesini yükselten pek çok uygulama alanına sahiptir. Dünya üzerinde pek çok araştırmacı her gün yeni fikirler üretmekte ve katkıda bulunmaktadır. Teknolojinin hayatın çoğu alanına dahil olmaya başladığı bu zamanlarda, bize sağladığı faydalara hepimiz tanıklık etmekteyiz. Bu nedenle gün geçtikçe bilgisayarlı görü uygulamaları ile daha çok karşılaşacak ve yaşantımıza entegre etmeye çalışacağız.

BİLGİSAYARLAR İNSAN GİBİ OKUYABİLİR, ANLAYABİLİR VE YAZABİLİR Mİ?

Dr. Çağrı TORAMAN



Yapay zekâ alanının önemli alanlarından biri doğal dil işlemedir. Doğal dil işleme, insanlar tarafından oluşturulan doğal konuşma dilleri ile bilgisayarlar arasındaki etkileşimi inceleyen bir bilim alanıdır. Temel olarak metin formatındaki tüm veriler ilgi alanındadır. Dijital dünyada büyük verinin yaklaşık yüzde 80-85'inin metin olarak bulunduğu tahmin edilmektedir. Bu araştırma alanının içerisinde birçok alt görev bulunmaktadır. Bunlar arasında diller arası metin çevirisi, sözdizimi analizi, kelime anlam belirsizliklerinin giderilmesi, soru cevaplama, otomatik metin sınıflandırma ve metin özetleme gibi çeşitli görevler bulunmaktadır.

Peki bilgisayarlar metinleri insanlar gibi okuyabilir, anlayabilir ve yazabilir mi?

Okuma işlemi, bilgisayarlar için yazma ve anlamaya göre daha kolay bir işlemdir. Günümüz teknolojisinin getirdiği donanım imkânlarıyla metin formatındaki dokümanlar bilgisayar hafızasında bilgisayarın anlayabileceği bir formatta saklanmaktadır. Bu format, öncelikle insanın gördüğü kelime ve harfleri sayılara çevirmektedir. Bu sayılar ise bilgisayarların ana dili olan ikili formata {0 veya 1} çevrilmiştir. İkili formattaki sayılar ise donanımda elektronik sinyaller ile temsil edilmektedir. Bu yöntem ile bilgisayarlar metinleri insandan çok daha hızlı bir şekilde okuyabilmektedir. Ancak insanlarda da görüldüğü üzere bir metni okuyabilmek, anlayabilmek değildir.

Anlama işlemi, insan beynine en yakın şekilde, yapay zekâ alanında makine öğrenmesi ve derin öğrenme tabanlı modeller ile sağlanmaktadır. Makine öğrenmesi modelleri insan beyninin basit kurallara göre verdiği kararlardan ilham alırken, derin öğrenme insan beyninin karmaşık kararları nasıl verebildiğinden ilham almaktadır. Bu modellerin yardımı ile bilgisayarları metin dokümanlarını anlamlandırmaları için kullanmaktayız. Örneğin, 2018 yılında dokuz adet doğal dil işleme alt görevinden oluşan ve GLUE adı verilen görevde insan başarı puanı 87,1 iken, günümüzde derin öğrenme modelleriyle 91,1 başarı puanı elde edilmiştir. Bir

başka deyişle, yapay zekâ insandan daha iyi metin anlamlandırmıştır. Bu başarıyı sağlayan devrim niteliğinde adım ise 2018'de Google tarafından geliştirilen bir algoritmadır. BERT adı verilen algoritma sayesinde çok büyük metin verilerinin hızlı şekilde dil modelleri tarafından öğrenilmesi ve öğrenilen bilgilerin hızlı bir şekilde transferi sağlanmıştır. Bütün bu başarı hikâyesine rağmen, doğal dil işleme görevlerinde yapay zekânın her zaman insandan daha başarılı olduğu söylenemez. Örneğin, bir metinde ironi olduğunun tespit edilmesi ya da sosyal medyada bilgi kirliliğinin otomatik tespiti gibi görevlerde başarıya ulaşmak daha karmaşıktır.

Yazma işlemi, insanların okuma ve anlamadan daha fazla zaman harcadıkları ve entelektüel düşünceyi gerektiren bir süreçtir. Doğal dil işlemede dil modelleri metin üretmek için de kullanılmaktadır. Dil modelleri, temel olarak o ana kadar gördükleri metni kullanarak bir sonraki kelimenin ne olacağını tahmin eder. Ancak bu dil modelleri öğrenme verisine dayalı performans gösterdikleri için çok fazla metin verisine ihtiyaç duymaktadır. 2020 yılında OpenAI şirketi dijital ortamdaki çok sayıda metni kullanarak 175 milyar parametreden oluşan GPT-3 adını verdikleri metin üretme yeteneği olan bir dil modeli geliştirmiştir. Bu model sayesinde insanların yazdığına benzer entelektüel çıktılar elde edilmiştir. Örneğin, 2020 yılında The Guardian gazetesinde tamamen GPT-3 modelinin yazdığı bir makale yayımlanmıştır.

Bilgisayarların okuma, anlama ve yazma işlemlerini bu kadar başarılı yaptığı günümüz teknolojisinde, ASELSAN Yapay Zekâ ve Bilişim Teknolojileri Araştırma Müdürlüğü bünyesinde görev yapan Doğal Dil İşleme Ekibi olarak Türkçe metinler başta olmak üzere çeşitli araştırma faaliyetlerimiz bulunmaktadır. Makalenin geriye kalan bölümlerinde, bu faaliyetlerimiz arasında yer alan sesli asistan sistemlerinde kullanıcı niyetini tespit etme, sosyal medyada bilgi kirliliğinin tespiti ve yığın metin verilerinde metin madenciliğinden bahsedeceğiz.

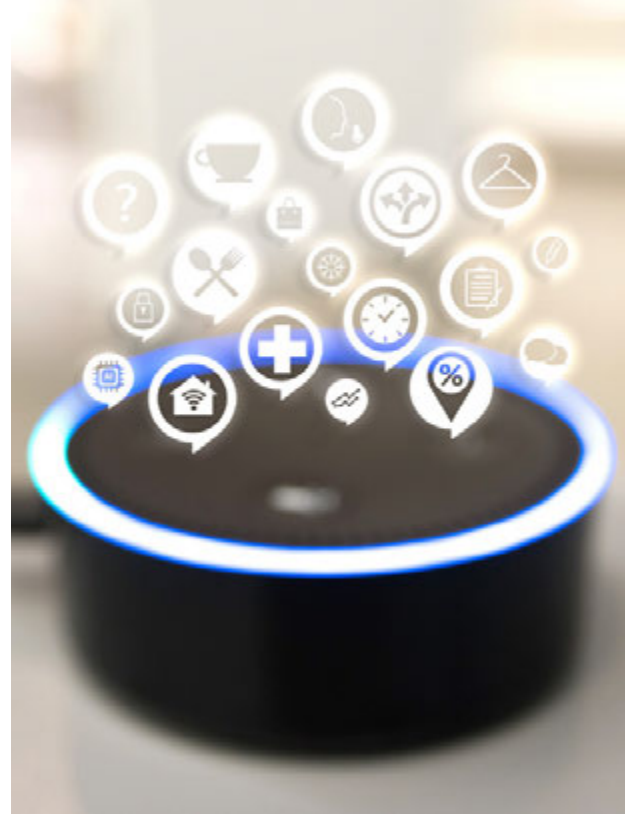
SÖZ DİNLEYEN AKILLI SİSTEMLER

Eyüp Halit YILMAZ

Son zamanlarda popülerliği gittikçe artan sesli asistanlar, Amazon Alexa, Google Home ve Microsoft Cortana gibi ürünlerle hayatımızda yer almaya başladı. Kullanıcıdan sesli olarak gelen komutları işleyerek geniş bir yelpazedeki istekleri yerine getirebilen bu sistemler, kullanıcının duyu durumuna göre şekillenen veya gerçek ya da kurgusal karakterlerin kişiliğini taklit edebilen uygulamalarıyla yapay zekâ teknolojilerinin şaşırtıcı örneklerini oluşturuyor. Askeri alanda da kendine yer bulan sesli asistanlar, komuta kontrol sistemlerinde kullanıcı dostu arayüzler sağlayarak kullanım kolaylığını artırma imkânı sunuyor.

Sesli asistanlarda yapılan ilk işlem kullanıcıdan gelen sözlü komutun yazıya dönüştürülmesidir. Bu aşama için uygulanan geleneksel yöntemler sinyal işleme metotlarını kullansa da yeni geliştirilen derin öğrenme tabanlı modeller bu alandaki başarıyı da yükseltmiş, hatta sesli komutu yazıya dönüştürmeden ses verisini doğrudan işleyen modeller bile geliştirilmiştir. Sözlü komutun işlenmesinin önündeki gürültü veya konuşan kişi sayısının çokluğu gibi engeller akıllı sistemlerle aşılarak sesli asistanların performanslarında artış hedeflenmektedir.

Kullanıcıdan gelen sözlü komut yazıya dönüştürüldükten sonra bu komut çerçevesinde hangi işin yerine getirileceğine karar vermek için yine derin öğrenme tabanlı modellere başvurulmaktadır. Sınıflandırma görevlerinde başarılı sonuçlar elde eden doğal dil işleme modelleri, bu aşamada son teknoloji performansın elde edilmesini mümkün kılmaktadır. Buna ek olarak, gerek sözlü komutun yazıya geçirilmesinde ortaya çıkabilecek hatalar, gerekse kullanıcının sesli asistandan yerine getiremeyeceği bir komutu gerçekleştirmesini talep etmesi gibi durumlar yaşanabiliyor. Bunlar gibi istenmeyen durumları konu dışı niyet tespit modelleri engellemeyi hedeflemektedir. ASELSAN Doğal Dil İşleme Ekibi olarak, ürün kalitesini artıran ve kritik hataları önleyen kullanıcı niyet tespiti konusunda yenilikçi çalışmalarımız devam etmektedir.



Yukarıda bahsedilen aşamaları başarılı bir şekilde yerine getiren sesli asistanın yapabileceklerinin sınırı bu noktadan sonra sadece tasarımcının hayal gücüyle sınırlıdır. Kullanım alanına yönelik toplanacak verinin etiketlenmesi sonucunda yapay zekâ modelleri eğitilerek ürün odaklı hale getirilebilir ve gerek sunucu tabanlı gerekse mobil altyapılara sahip sistemlerde uygulamaya sunulabilir. Her ne kadar Türkçe özelinde yapılan çalışmalar kısıtlı kalsa da bu durum Türkçe sesli asistanların geliştirilmesi ve piyasaya sunulması konusunda pek çok fırsatı beraberinde getiriyor. Hayatımıza girmeye çoktan başlamış olan bu sistemlerin ne kadar çeşitli alanlarda işimizi kolaylaştıracağını da zaman gösterecek.

SOSYAL MEDYADA NEFRET SÖYLEMİ VE BİLGİ KİRLİLİĞİNİ YAPAY ZEKÂ TESPİT EDEBİLİR Mİ?

Furkan ŞAHİNUÇ

Sosyal medya araçları (Twitter, Facebook, Instagram, Reddit vb.) günümüzde en önde gelen iletişim ve haber alma kaynaklarının başında gelmektedir. Türkiye, Twitter platformunu kullanan ülkeler arasında yaklaşık 15 milyon kullanıcı ile altıncı sırada bulunmaktadır. Yapılan başka bir çalışmada Twitter kullanıcılarının yüzde 71'inin sosyal medyayı bir haber kaynağı olarak kullandığı ortaya çıkmıştır. Her popülerleşen olguda olduğu gibi sosyal medya araçları da kendi içinde bazı olumlu ve olumsuz faktörleri barındırmaktadır. Olumsuz faktörler mevzu bahis olduğunda ise nefret söylemi ve bilgi kirliliği ilk akla gelen problemlerdendir.

Nefret söyleminin genel bir tanımını yapacak olursak, genellikle bir kişiye ya da gruba karşı içinde bulunduğu bir durumdan ya da sahip olduğu özelliklerden dolayı geliştirilen saldırgan ifadeler olarak tanımlayabiliriz. Sosyal medyada nefret söyleminin en çok görüldüğü konular cinsiyet, etnik unsurlar, siyaset, din ve spor konularıdır.

Öte yandan hangi ifadelerin nefret söylemi olarak değerlendirileceği hususunda her zaman bir görüş birliği bulunmamaktadır. Bu noktada bazı söylemler nefret içeren, bazı söylemler ise ofansif olarak sınıflandırılabilir.

Sosyal medyada nefret söyleminin tespiti, doğal dil işlemede metin sınıflandırma görevi ile ilgilidir. En basit sınıflandırma tekniği olarak kural tabanlı algoritmalar akla gelmektedir. Bu yöntemle nefret söylemine neden olan kelimelerden bir anahtar kelime listesi oluşturulur. Yeni gelen metinlerde bu kelimeler bulunduğu takdirde de nefret söylemi olarak etiketlenebilir. Fakat dilde bir duyguyu ifade etmenin sayısız yolu olduğu için bütün nefret söylemlerini kapsayacak bir kelime havuzu oluşturmak hayli verimsiz bir yol olacaktır. Ayrıca bu yöntem kural tabanlı bir yöntem olduğu için çoğu zaman gerçek bir yapay zekâ modeli olarak kabul görmemektedir.



Yapay zekâ modelleri, genel olarak eldeki etiketlenmiş veriden (örneğin nefret söylemi içeriyor ya da içermiyor olarak iki etikete göre) göreve yönelik bir öğrenim gerçekleştirir ve gelecekteki sınıflandırılması istenen veriyi daha önceki öğrendiklerine göre sınıflandırır. Yapay zekâ modellerinin bu sınıflandırma işlemini yapabilmesi için ise kelimeleri vektörel olarak ifade eden kelime temsilleri ya da verilen cümleyi bir bütün olarak sayısal bir şekilde kodlayabilen dil modelleri kullanılmaktadır. Eğitim sürecinde ise etiketli ifade modele girdi olarak verilir. Bu ifadeler sayısal alana geçirildikten sonra birtakım matematiksel işlemlere tâbi tutulur. Bu işlemler sonucunda model verilen cümleyi bir sınıfa atar. Yaptığı tahminin doğruluğuna göre model kendini güncelleyerek eğitir. Günümüzde birçok sosyal medya kuruluşu bu tür eğitilmiş yapay zekâ modelleri ile nefret söylemi tespiti yapmaktadır. Öte yandan bu tarz yaklaşımlar büyük miktarda doğru bir şekilde etiketlenmiş veriye ihtiyaç duymaktadır. Bu nedenle hem geleneksel yaklaşımlar hem de yapay zekâ sistemleri hibrit olarak da kullanılabilirlerdir.

Bilgi kirliliği ise nefret söylemine kıyasla daha farklı bir bakış açısı gerektirmektedir. Bilgi kirliliği ya da yanlış bilgi yayılımı, kasıtlı veya farkında olmadan yapılabilmektedir. Günümüzden bir örnek

vermek gerekirse COVID-19 hastalığı ile ilgili birçok yanlış tedavi yöntemi ve hurafeler sosyal medya platformlarında bilgi kirliliğine neden olmuştur. Doğrulundan tam olarak emin olunmayan bilginin paylaşılması bilgi kirliliğine doğrudan katkı yapmaktadır. Öte yandan yayılan bilginin doğruluğu ya da yanlışlığı nefret söyleminden farklı olarak daha objektif olarak belirlenebilir. Yine yanlış bilgi yayılımı tespitinde nefret dilinin özellikleri gibi belirli nitelikleri yapay zekâ modellerinin çıkarması daha karmaşık bir problemdir. Bu nedenle dar bir kapsamda sadece belirli bir bilginin doğruluğu ya da yanlışlığı açısından harici bilgi kaynaklarını da kullanarak değerlendirmek daha kolay bir sınıflandırma görevi olacaktır. Bu problemde de yine büyük miktarda etiketli veri ihtiyacı bulunmaktadır. Etiketleme işlemi ise teyit edilmiş bilgilere göre yapılmalıdır.

ASELSAN Doğal Dil İşleme Ekibi olarak hem gelişen ve yenilenen teknolojiyi takip etmek hem de yeni modeller ve yaklaşımlar kazandırmak adına nefret söylemi ve bilgi kirliliğini tespiti ve önlenmesi adına çalışmalarımız başta Türkçe olmak üzere çeşitli dillerde devam etmektedir. Bu doğrultuda uluslararası yarışmalarda zararlı sosyal medya içeriği tespit etme konusunda birinciliği kazanan yapay zeka modelimiz bulunmaktadır.

Kaynakça: [110, 111, 112, 113, 114]

YIĞIN METİNLERDE KARMAŞIK İLİŞKİLERİ YAPAY ZEKÂ BULABİLİR Mİ?

Oğuzhan ÖZÇELİK

Yığın metin çok sayıda metin dokümanının zamanla bir araya gelmesiyle meydana gelen koleksiyonlardır. Örneğin, New York Times gazetesinin 1851'den günümüze kadar olan 13 milyondan fazla haber makalesi içeren arşivi gösterilebilir. Diğer örnekler arasında sosyal medya metinleri, istihbarat dokümanları, özel şirketlerin iç yazışmaları veya sağlık gibi alan odaklı ve kişisel veri barındıran metin arşivleri vardır.

Bir metni okurken farkında olmadan metinde yer alan özel isimleri tanıyıp, kendi aralarında çeşitli ilişkiler kurabiliriz. Örneğin, "Ahmet ile Ayşe üniversiteye gidiyorlar, onlar ODTÜ'de derse girecekler" cümlesini inceleyelim: Ahmet ve

Ayşe'nin kişiye ait özel isim olduğunu, ODTÜ'nün ise bir kuruluş ismi olduğunu hemen fark edebiliriz. Ayrıca Ahmet ile Ayşe'nin bir iletişimi olduğunu da düşünebiliriz ve cümledeki "onlar" kelimesinin Ahmet ve Ayşe'ye karşılık geldiğini ve okula giden kişilerin onlar olduğunu anlayabiliriz. Aslında biz farkında olmadan beynimizdeki sinir ağları metinleri çözümleyip sonuçlarını bize veriyor, tıpkı yapay sinir ağları gibi. Beynimiz bu süreçte, Türkçe'nin dilbilgisi özelliklerine, geçmiş birikimlerimize ve birçok özelliğe dikkat ediyor. İnsan beyni için kimi zaman basit görünen bu problemi bilgisayarlar aracılığıyla yapmak aslında görüldüğünden çok daha zordur. Peki bilgisayara bu problemi çözdürüp, isimler arasında ilişki kurmasını nasıl öğretebiliriz?



Doğal Dil İşleme alanında varlık ismi tanıma modelleri, metin halindeki veride isim, mekân ve organizasyon gibi aktörlerin tespit edilmesini sağlamaktadır. Örneğin, Boko Haram terör örgütü ile ilgili bir haber metnindeki aktörler yapay zekâ tarafından tespit edilebilir.

Yapay zekâ modelimize, Türkçede özel isimlerin baş harflerin büyük olması gerektiği özelliğini tanıtip, okuduğu metinleri öğrenmesi esnasında bu bilgiyi kullanması gerektiğini söyleyebiliriz. Peki bu cümle sosyal medyada geçen ve büyük küçük harfe dikkat ederek yazılmamış bir cümle olsaydı? İşte bu noktada sadece basit dilbilgisi özelliklerinin yeterli olmayacağını, modelin cümledeki kelimelerin birbirleri arasında ilişkilere de dikkat etmesi gerektiğini söyleyebiliriz. 2010'lu yıllarda dilin morfolojik özelliklerine önem veren çalışmalardan, günümüzde kelimelerin cümledeki yerine göre

anlam ve önemine dikkat çeken yöntemlere doğru ilerliyoruz. Güncel yöntemlerin, insanların metin değerlendirme yöntemleriyle benzer mantıklarla çalışıp yüksek tahmin skorları elde etmesi heyecan vericidir. Peki metinlerdeki özel isimleri neden bulmak isteriz?

Metinlerde çeşitli olaylar ve bu olaylara konu olan insan, organizasyon, örgüt, kurum ve kuruluş gibi aktörler bulunmaktadır. Doğal Dil İşleme yöntemlerini kullanarak, olay ve aktörleri metinler içerisinde sorgulama, olay ve aktörler ile ilgili detayları inceleme ve farklı metinlerden yola çıkarak aktörler arasındaki ilişkileri analiz etme işlemleri yapılmaktadır. Bu çalışmalarda metinlerdeki aktörler tespit edilip, yapay zekâ modelleriyle yığın metinler incelenerek, en basit haliyle, hangi aktörler hangi cümlelerde birlikte geçiyor ve ilişki barındırıyor mu gibi bilgiler öğrenilir. Bahsedilen kullanımların sonucunda elde edilebilecek bir terörist ağı örneği olarak 2000–2009 yılları arasında Endonezya'nın en çok aranan teröristlerinden Noordin Mohammad Top'ın bağlantılarının bir sosyal ağ ile temsil edilmesi gösterilmektedir. İlgili işlemler metin içeriğinin uzmanları tarafından yapılmasına rağmen, yığın metinlerin boyutları dolayısıyla bu işlemler uzun süreler alabilmektedir. Dahası, insan doğası ve hataları nedeniyle uzmanlar her zaman doğru sonuçlar elde edemeyebilir. Günümüzde yapay zekâ kullanılarak yukarıda örnekleri verilen yığın metinlerde sorgu, inceleme ve analiz işlemleri ile aktörler arasında ilişkilerin hızlı ve etkin bir şekilde ortaya çıkarılması önemli ölçüde sağlanmaktadır. Bu gibi çalışmalar, yapay zekâ kullanarak metinlerin nasıl ve ne şekilde incelendiğine güzel örnekler sunmaktadır.

■ Lokasyon ■ Organizasyon ■ Örgüt ■ Kişi ■ Zaman	Batı Afrika ülkesi Nijerya'nın kuzeydoğusunda terör örgütü Boko Haram'a karşı düzenlenen operasyonda örgütün kampı bombalandı, çok sayıda terörist öldürüldü. Savunma Bakanlığı Sözcüsü John Enenche basına yaptığı açıklamada, Borno eyaletine bağlı Ngwuri Gana bölgesinde Boko Haram'a karşı hava saldırısı düzenlendiğini belirtti. Enenche, saldırıda örgütün kampının imha edildiğini, çok sayıda teröristin de etkisiz hale getirildiğini söyledi. Nijerya'da 2000'li yılların başından bu yana varlık gösteren terör örgütü Boko Haram'ın 2009'dan itibaren düzenlediği kitlesel şiddet eylemlerinde 20 binden fazla kişi öldü. Örgüt, 2015'ten bu yana ülkenin sınır komşuları Kamerun, Çad ve Nijer'de de saldırılar gerçekleştirdi. Örgütün Çad Gölü Havzası'ndaki saldırılarında en az 2 bin kişi yaşamını yitirdi.
--	--



DORUK

Elde Taşınabilir Elektro-Optik Sensör Sistemi

Yüksek Çözünürlüklü Orta Dalga Kızılötesi Sensör, Termal ve Gündüz Kameralarında Sürekli Yakınlaştırma Yeteneği, Lazer Mesafe Ölçer, Manyetik Pusula ve GPS Entegre Sistem, Görüntü ve Video Kaydı, Telsiz Üzerinden Veri Aktarımı

www.aselsan.com



aselsan

BİLGİSAYARLAR İNSAN GİBİ DÜŞÜNÜP KARAR ALABİLİR Mİ?



İNSANA KARŞI KARAR ALAN VE UYGULAYAN YAPAY ZEKÂ

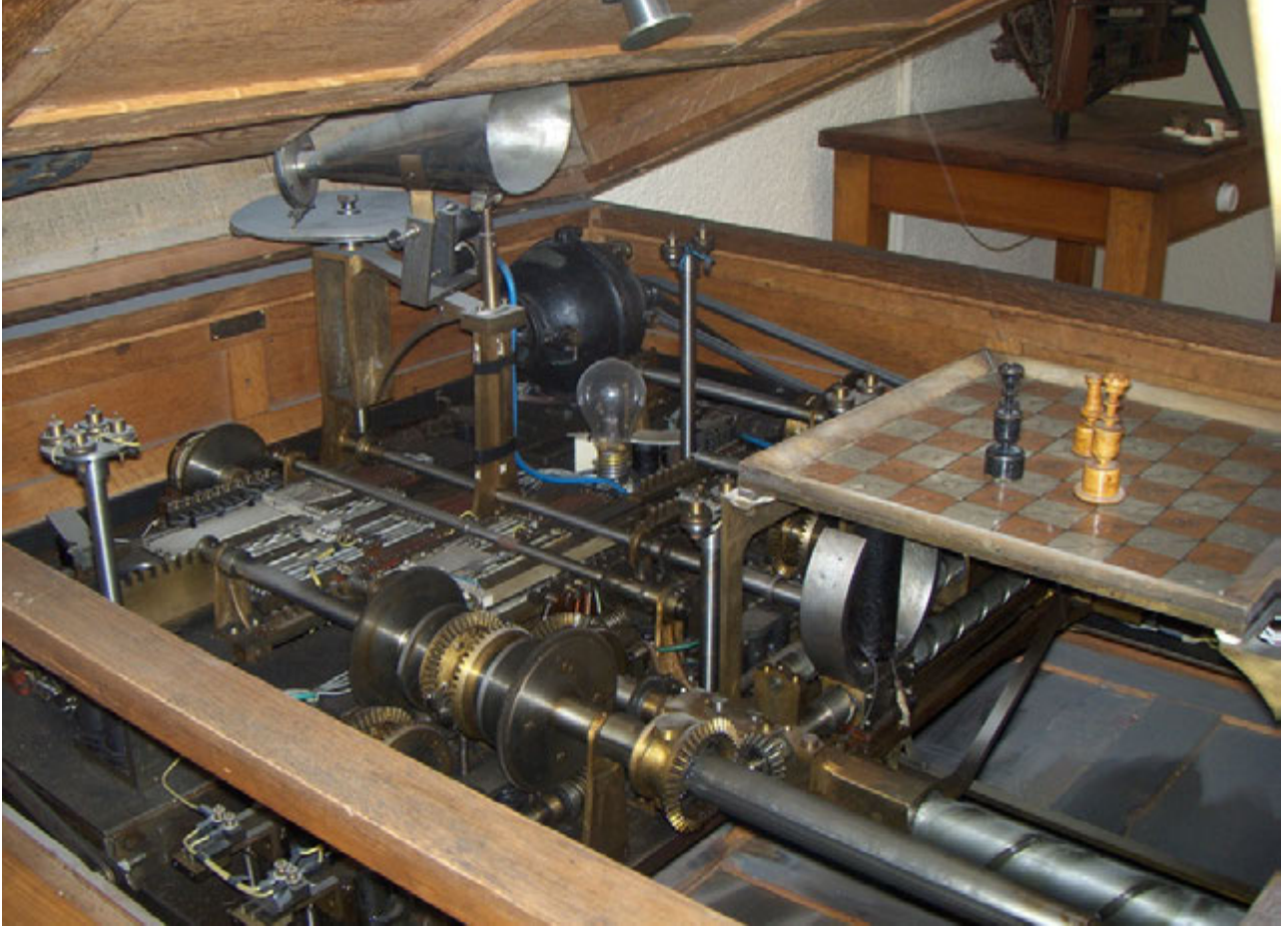
Safa Onur ŞAHİN

Yapay zekâ kavramı, son yıllarda sağlık sistemlerinden otonom araçlara, bir dilden diğer bir dile gerçek zamanlı çeviri gibi doğal dil işleme uygulamalarından Siri ve Alexa gibi sesli asistanlara kadar hayatımızın birçok alanında karşımıza çıkmaktadır. Yapay zekâ, özellikle yüksek sayıda etiketli verinin bulunabildiği durumlarda etkileyici bir performansa sahip olmaktadır. Ancak, etiketli veri sayısının yeterli olmadığı durumlarda, bu performans azalabilmekte ve ek yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Etiketli verinin azlığı dışında, etiket kavramının uygulanabilirliği ile ilgili özellikler de yapay zekânın eğitimi konusunda önemli bir etkidir. Karar alma süreçlerinde çok sayıda karar sıralı bir şekilde alınmakta ve herhangi bir anda alınan bir aksiyon çok daha sonraki durumları etkileyebilmektedir. Bir kararın doğru olup olmadığı ya da alınmış hangi kararın elde edilen bir ödülün/cezanın üzerinde ne kadar katkısı olduğu genellikle tam olarak tanımlanamamaktadır. Yapay zekâ algoritmalarının sıklıkla test edildiği ortamlardan olan oyunlar, etiket kavramının karmaşık bir şekilde ortaya çıktığı durumlara örnek olarak verilebilir. Alınan herhangi bir aksiyon oyunun daha sonraki evrelerinde karşılaşılabilecek durumları etkilerken, bu aksiyonun oyunun sonunda kazanılacak puana etkisi de tam olarak hesaplanamamaktadır. Bu belirsizlik, özellikle karşı tarafın insan olduğu etkileşimli ortamlarda daha üst seviyede ortaya çıkmaktadır. Bu durumda yapay zekânın karşısında bulunan belirsizliği de hesaplamalarına dahil ederek daha gürbüz bir karar verme mekanizmasına sahip olması gerekmektedir.

Yapay zekâ ve insan arasındaki mücadele, 1997 yılında IBM'nin Deep Blue algoritması ile Garry Kasparov arasındaki satranç maçıyla birlikte popülerlik kazanmıştır. Aslında, satranç üzerindeki yapay zekâ ve insan arasındaki mücadele çok daha eski tarihlere uzanmaktadır. Günümüz teknolojisinden çok uzak bir tarihte, 1890 yılında İspanyol matematikçi, bilim insanı Leonordo Torres y Quevado tarafından geliştirilen elektromanyetik bir makine olan "El Ajedrecista" [The Chessplayer], kendisinin bir kale ve bir şaha, rakibinin ise bir şaha sahip olduğu senaryoda oyunu her zaman mat ile

bitirebilmektedir. The Chessplayer, satranç tahtası üzerindeki taşların konumlarını algılayabilmekte, algoritmasını bu konumlar üzerinden işletebilmekte ve alacağı aksiyona karar verebilmektedir. Aynı zamanda, taşların hareket ettirilmesinden de The Chessplayer sorumludur. The Chessplayer, bilimsel bir oyuncak olmasının yanı sıra makinelerin belirli kurallara göre programlanabilme kapasitesine sahip olduğunu göstererek ilgi çekmiştir. Kimi otoritelerce dünyanın ilk bilgisayar oyunu olarak kabul edilmektedir. Daha sonra Alan Turing ve Claude Shannon tarafından bilgisayarların satranç oynama yeteneklerine önemli katkılar sağlanmıştır. Hızla kaydedilen gelişmeler sonucunda, 1980'lerin sonlarında yapay zekâ ciddi satranç oyuncularının yüzde 90'ını mağlup edebilecek seviyeye gelmiştir. Yıllar 1996'yı gösterdiğinde, IBM tarafından geliştirilen ve altı hamle sonrasını hesaplayabilen Deep Blue, zamanın Dünya Satranç Şampiyonu Garry Kasparov ile karşılaşmış ve 2-4 mağlup olmuştur. Deep Blue, bu maçın ardından bir dünya şampiyonuna karşı turnuva koşulları altında oyun alan ilk bilgisayar programı olarak tarihe geçmiştir. 1997 yılına gelindiğinde ise, daha da geliştirilmiş olan Deep Blue yine Garry Kasparov ile karşılaştığı maçtan 3.5-2.5 galip ayrılmış ve turnuva koşulları altında bir dünya şampiyonuna karşı maç kazanan ilk bilgisayar programı olarak tarihe geçmiştir.

Bir dünya şampiyonunun yapay zekâ tarafından mağlup edilmesi olayı ilk kez Deep Blue-Kasparov maçından yaklaşık 20 yıl öncesinde gerçekleşmiştir. Hans J. Berliner tarafından geliştirilen BKG 9.8, bir gösteri maçında dönemin Dünya Tavla [Backgammon] Şampiyonu Luigi Villa'yı 7-1'lik bir skorla yenerek bu alanda ilk olmayı başarmıştır. Otoriteler bu maçla ilgili olarak Luigi Villa'nın daha iyi bir oyun sergilediğini ancak şans faktörünün BKG 9.8 tarafında olduğunu belirtmektedir. Tavla alanında bir diğer önemli gelişme ise TD-Backgammon adlı zamansal farka dayalı bir pekiştirmeli öğrenme algoritmasıdır. TD-Backgammon dışarıdan bir insan verisi olmadan kendi kendine oynayarak öğrenim sağlayan bir algoritmadır ve bu özelliğiyle ilerleyen süreçte AlphaZero gibi algoritmalar üzerinde önemli bir etkisi olmuştur.



Şekil 1 – The Chessplayer adlı dünyanın ilk satranç oynayan makinesi.

[kaynak: https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/83/Ajedrecista_segundo2.JPG]

Tahta oyunları oynayan yapay zekâ algoritmaları genellikle benzer yapıtaşlarından oluşmaktadır. Bunlar, ağaç araması (tree search), değerlendirme fonksiyonu ve aksiyon planlamasıdır. Örneğin, bir satranç oyununda alınacak aksiyonun seçimi için öncelikle taşların mevcut konumları ile ana düğüm oluşturulur. Ardından, sahip olunan hesaplama gücüne bağlı olarak alınabilecek her aksiyon dizisi için arama ağacı genişletilir. Ağaç araması sırasında bulunan son düğümlerdeki taşların durumu değerlendirme fonksiyonu ile değerlendirilir. Sonrasında, aksiyon planlaması olarak, 1950 yılında Claude Shannon'ın önerdiği gibi en fazla zararı en azlayacak şekilde minimax en iyilemesi gerçekleştirilebilir. Örneğin, Deep Blue algoritmasında Alpha-Beta Pruning olarak bilinen minimax en iyileme algoritması kullanılmıştır.

Satranç ve Go oyunları karşılaştırıldığında; satranç, Go oyununa kıyasla daha karmaşık kurallar dizisine sahiptir. Konu ile ilgili farklı görüşler olsa da insan açısından bakıldığında satrancın Go oyununa kıyasla

daha karmaşık bir yapısı olduğu söylenebilmektedir. Diğer taraftan, aynı iki oyun, yapay zekâ açısından değerlendirildiğinde Go oyununun satranca karşı olası aksiyon kümesinin çok daha geniş olması sebebi ile çok daha karmaşık olduğu gözlemlenmektedir. Dünya Satranç Şampiyonu 1997 yılında yapay zekâ tarafından mağlup edildiği halde, 2015 yılına kadar profesyonel bir Go oyuncusu handikapsız olarak yapay zekâ tarafından mağlup edilememiştir. 2015 yılında Google'ın bünyesinde bulunan şirketlerden biri olan DeepMind tarafından geliştirilen AlphaGo adlı algoritma, Avrupa Go Şampiyonu Fan Hui ile karşılaştığı maçtan 5-0 galip ayrılmıştır. Aynı algoritma, 2016 yılında 18 kez Dünya Go Şampiyonu unvanını elde etmiş olan Lee Sedol'ü 4-1'lik bir skorla mağlup etmeyi başarmıştır. Daha sonrasında, aynı algoritmanın daha uzun süre eğitilmiş versiyonu olan AlphaGo Master, dönemin Dünya Go Şampiyonu Ke Jie'de dahil olmak üzere en üst düzey profesyonel oyuncularla karşılaşmış ve tüm maçlarını kazanmıştır. Lee Sedol, AlphaGo'ya karşı oyun kazanabilmiş tek oyuncu olarak geçmektedir.

AlphaGo algoritmasında, aksiyon planlayıcısı ve değerlendirme fonksiyonu yapay sinir ağı ile modellenmiştir. Eğitimin ilk evrelerinde insanların oynadığı oyunlar kullanılarak eğitilen bu yapay sinir ağı, eğitimin ilerleyen evrelerinde kendine karşı oynayarak geliştirilmiştir. AlphaGo'nun devamı olarak ortaya çıkan AlphaGo Zero algoritmasında ise insan bilgisi tamamen ortadan kaldırılmış ve AlphaGo Zero'da bulunan yapay sinir ağı yalnızca kendi kendine oynadığı oyunlar üzerinden eğitilmiştir. AlphaGo Zero algoritması, kendisinin önceki versiyonu olan AlphaGo algoritmasına karşı oynadığı oyunlarda 100-0'lık bir galibiyet almıştır. Go oyunundan bağımsız bir öğrenme metodu sunan algoritmanın satranç, Go ve Şogi [Japon Satranç] oynayabilen versiyonu AlphaZero olarak yayınlanmıştır.

Deep Blue ve Garry Kasparov arasındaki satranç maçından sonra yapılan yapay zekânın geleceği hakkındaki tartışmalarda, etkileşimli bilgisayar oyunlarının, insan seviyesinde yapay zekâ algoritmaları için imkânsız bir görev olduğu iddia edilmiştir. Ancak, günümüzde OpenAI tarafından Dota2 oyunu için geliştirilen OpenAI Five ve DeepMind tarafından StarCraft 2 oyunu için geliştirilen AlphaStar algoritmaları alanlarında

dünyanın en iyi oyuncularını mağlup ederek bu görüşün doğru olmadığını göstermişlerdir. OpenAI tarafından geliştirilen yapay zekâ, öncelikle 2017 yılında dünyanın en üst düzey oyuncularını birebir karşılaşmalarda mağlup etmeyi başarmıştır. Daha sonra 2019 yılına gelindiğinde, oyunun tam versiyonu olan beşer kişilik takımlar halinde yapılan maçlarda OG adlı şampiyon takıma karşı 2-0 kazanmıştır. Algoritmanın eğitimi, kendine karşı on bin yıldan daha uzun oyun süresi ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, sinir ağı ameliyatı olarak adlandırılan bir teknik kullanılarak oyunda gerçekleşen güncellemeler/değişiklikler yapay zekâyâ yeni baştan bir eğitime gerek kalmadan dâhil edilmiştir. AlphaStar algoritması da benzer şekilde StarCraft 2 oyununda dünyanın en başarılı oyuncularına karşı üstünlük sağlamıştır. Bu algoritmanın eğitim sürecinde öncelikle insan verisini kullanan denetimli öğrenme kullanılmış, ilerleyen süreçte kendi kopyalarına karşı eğitimi sürdürülmüştür. Ayrıca, AlphaStar algoritmasının strateji geliştirme yeteneklerini daha iyi değerlendirebilmek amacıyla insan oyuncularına paralel şekilde aldığı aksiyonlara gecikme eklenmiş ve belirli süre içerisinde alabileceği en fazla aksiyon sayısına sınırlama getirilmiştir.



BİLGİSAYARA KARŞI KARAR ALAN VE UYGULAYAN YAPAY ZEKÂ

Ümitcan ŞAHİN



Oyunlardaki yapay zekâ, oyuncu tarafından kontrol edilmeyen unsurları kontrol etmekten sorumludur. Çoğu insan son birkaç yılda piyasaya sürülen oyunların neredeyse hepsinin son derece gelişmiş yapay zekâlara sahip olduğunu düşünebilir. Ancak birçok video oyun geliştiricisi, gelişmiş yapay zekâ oluşturmada tereddüt etmektedir. Bunda belki de Elon Musk'ın bütün dünyayı, çok hızlı bir şekilde gelişen yapay zekâ tehdidine karşı uyarması olabilir. Ama daha gerçekçi nedeni, gelişmiş yapay zekâların genel oyuncu deneyimini kötü yönde etkilemesinden korkmalarıdır. Aslında video oyunlarındaki yapay zekânın amacı oyuncular tarafından yenilemeyen bir varlık yaratmak değil; tam tersine oyuncuların katılımını ve oyundan aldıkları keyfi uzun bir süre boyunca artırmaktır.

VİDEO OYUNLARINDA YAPAY ZEKÂ TARİHİ

Video oyunlarında yapay zekâ kullanımının uzun bir tarihi var. 90'lı yıllarda çıkan FPS (First-Person Shooter) tarzı oyunlarda ilkel yapay zekâlar kullanılıyordu. Bu oyunlarda, ilk yapay zekâ yöntemlerinden biri olan Sonlu Durum Makinesi (SDM) kullanıldı. SDM ile oyundaki düşmanların nasıl hareket edecekleri belirleniyordu. Düşmanlar için oyuncu tarafından alınabilecek her aksiyona karşı daha önceden belirlenmiş aksiyonlar tanımlanmıştı. Örneğin FPS oyunlarında düşmanlar oyuncu karakterini görünce saldırıyor; eğer canı düşükse ve oyuncu tarafından saldırıya uğruyor ise kaçıyor. İlk çıkan *Battle Field*, *Wolfenstein 3D*, *Call of Duty* ve *Tomb Raider* gibi ünlü oyunlar, SDM yapısını başarıyla kullanan yapay zekâlara örnek olarak verilebilir.

Super Mario oyunundaki düşman kaplumbağalar bile SDM yapısına uygun hareket ediyordu.

SDM'li yapay zekânın bariz olarak yetersiz kaldığı noktalardan biri tahmin edilebilir olmasıdır. FPS oyunlarına geri dönersek, düşman, oyuncu karşısında her zaman aynı aksiyonları almaktadır. Bu durum da düşmanın hareketlerini ezberleyen bir oyuncu için oyunun kısa sürede sıkıcı bir hal alacağını göstermektedir. Bu noktada devreye Monte Carlo Ağaç Araması [MCAA] kullanan yapay zekâlar girmektedir. Bu yapay zekâlar en basit hallerinde alabilecekleri bütün aksiyonları, oyuncunun alabileceği muhtemel aksiyonları ve oyuncunun alabileceği aksiyonlara karşılık alacakları bütün aksiyonları sırasıyla hesaplarlar. Bu işlemi bir ağacın hesapladığı her aksiyon için giderek dallanmasına benzetebiliriz. Görüldüğü üzere MCAA kullanan yapay zekâlar, oyuncunun da alabileceği aksiyonları göz önünde bulundurmaktadır. Bütün aksiyonlar oluşturulduktan sonra [ağacın dalları tamamlandıktan sonra], her bir aksiyon için geri ödeme mekanizması tanımlanmıştır. Böylece ağacın hangi dalında olunursa olunsun, en yüksek geri ödemeyi veren aksiyonlar yapay zekâ tarafından alınabilir. 1997 yılında satrançta eski dünya şampiyonu Gary Kasparov'u yenen *Deep Blue* yapay zekâsı, benzer bir mekanizma kullanmaktaydı.

Fakat *Civilization*, *Rise of Nations* ve *Age of Empires* tarzı strateji oyunlarında bu durum değişmektedir. Bu tarz video oyunlarında yapay zekânın karşısındaki insan oyuncunun hareketlerine göre alabileceği neredeyse sınırsız sayıda aksiyon vardır. Bu da yapay zekânın oyunu oynayabilmesi için sınırsız sayıda dal oluşturması ve geri ödeme mekanizması hesaplaması anlamına gelmektedir. Bunun yerine bu tarz strateji oyunlarında başlangıç olarak sadece birkaç muhtemel aksiyon tanımlanır ve bu aksiyonlar için dallar oluşturur. Bu aksiyonlardan geri ödemesi en yüksek aksiyon seçilir ve yapay zekâ tarafından uygulanır. Örneğin *Civilization* oyununda oyuncu tarafından şehrine saldırılan yapay zekâyı o an teknoloji üretme, savunma ya da saldırı yapma olmak üzere üç aksiyon tanımlanmış olabilir. Bu aksiyonlardan savunma yapmak en yüksek geri ödemeye sahip olacağı için yapay zekâ tarafından yapılır. Oyuncu saldırısından vazgeçip çekilirse, yapay zekâ artık yeni bir durumdadır ve bu duruma uygun olası aksiyonlar tanımlanıp aynı süreç devam eder. Bu şekilde bir MCAA yönteminde bütün aksiyonları düşünmek yerine olası birkaç aksiyonu düşünmek, oyuncular için bir bilinmezlik yaratmaktadır. Bu nedenle SDM kullanan yapay zekâlı oyunlarından aksine düşmanın hareketlerini ezberleyememektedirler.

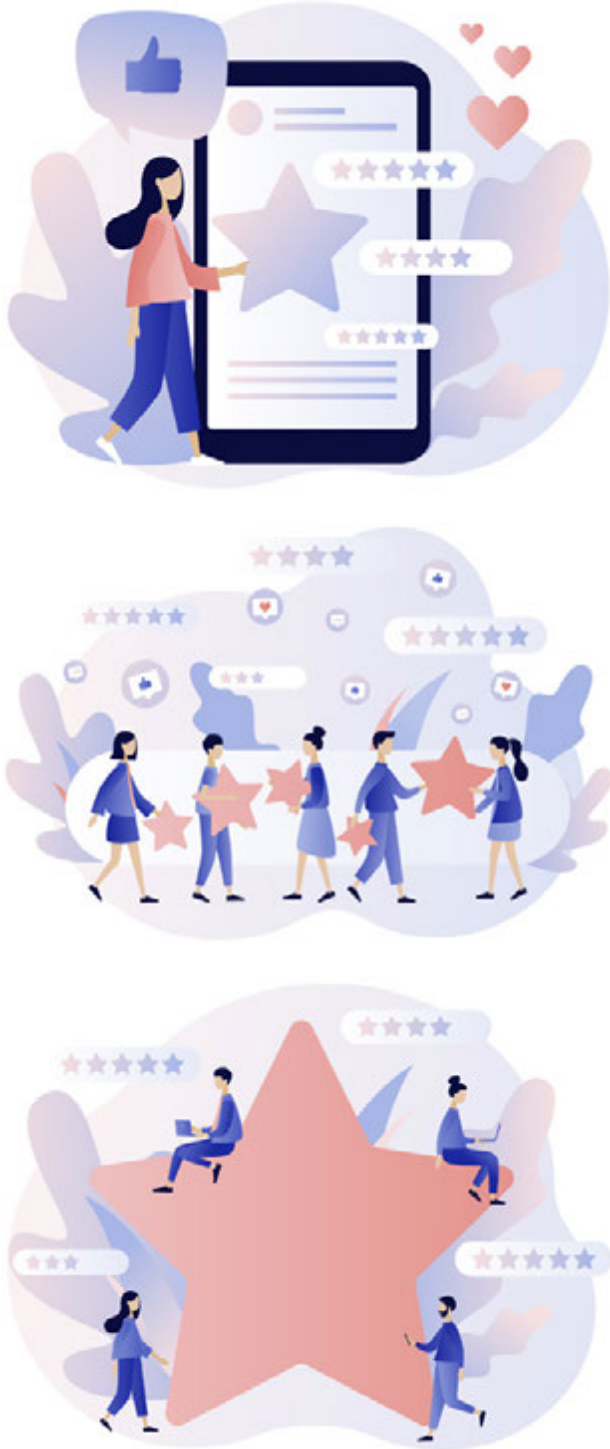
MCAA kullanan yapay zekâlar oyuncu deneyimini daha keyifli bir hale getirirse de eksik kaldıkları en önemli nokta, oyuncunun hareketlerine göre kendilerini güncelleyememeleridir. Başka bir deyişle öğrenme yapmamalarıdır. Gerçek bir yapa zekâ, bulunduğu çevreye uyum sağlamak için öğrenme yapmalı, çevreden aldığı geri dönüşlere göre aldığı aksiyonları güncellemelidir. Öğrenme yapan yapay zekâlar konusunda son yıllarda hızlı bir gelişme yaşanmıştır. Bilgisayarların gelişen işlemci gücü ve ekran kartı mimarileri kullanılarak derin öğrenme ile pekiştirmeli öğrenme birleşmiş; derin pekiştirmeli öğrenme [DPÖ] yöntemleri ortaya çıkmıştır. Bu yöntemlerle birlikte video oyunlarında insanüstü performans sergileyen yapay zekâlar geliştirilmiştir. *Space Invaders* gibi karmaşık bölüm tasarımları ve ödül mekanizması olan, hızlı tepki gerektiren 57 Atari oyununda deneyimli insan oyuncularından çok daha iyi performans gösteren DPÖ algoritmaları kullanılmıştır.

Bir sonraki adımda artık öğrenme yeteneğine sahip yapay zekâlar, gerçek zamanlı strateji oyunlarında kullanılmıştır. *Starcraft*, *Warcraft* ve *FIFA* gibi oyunlarda hem alınabilecek aksiyon sayısı çok fazla hem de alınan aksiyonların geri dönüş mekanizması karmaşıktır. Örneğin *FIFA* oyununda orta sahadan ceza sahasına atılan bir pas, kornere neden oluyor ve kornere de bir gol atılıyorsa, geliştirilen yapay zekânın gol atma sonucuyla orta sahadan atılan pas aksiyonunu bir şekilde birbiriyle ilişkilendirmesi gerekmektedir. Aynı şekilde *Starcraft* oyununda yapay zekâ, oyuncu karşısında ilk olarak ekonomi geliştirme, asker üretme ve haritada keşif yapma gibi aksiyonları gerçek zamanlı almalı ve oyun sonunda yaptığı savaşlardan aldığı sonuçları, bu aksiyonlar ile ilişkilendirmelidir.

Günümüzde gerçek zamanlı strateji oyunlarından bahsedilen bu zorlukları aşan ve DPÖ kullanan yapay zekâlar geliştirilmektedir. *AlphaStar*, *Starcraft II* oyununda, oyunu başından sonuna kadar oynayarak geliştirdiği stratejilerle profesyonel oyuncuları yenen bir yapay zekâdır. Artık video oyun geliştiricileri, insan oyuncuların oyundan aldığı zevki kötü yönde etkilememek için, geliştirdikleri yapay zekâlara kısıtlamalar getirmektedir. Yazının başında da bahsedildiği gibi, amaç insanlar tarafından yenilemeyen bir yapay zekâ üretmek değil; oyuncunun oyunu oynama şeklini ve seviyesini öğrenen, oyuna karşı olan merakını ve oynama isteğini artıracak zorluklar yaratan bir yapay zekâ tasarlamaktır.

BULUNDUĞU ŞARTLARA UYGUN TAVSİYE VEREN ASİSTANLAR

Eralp TURÇAY



Dijital medyada her geçen gün artan veri büyüklüğü sebebiyle, kullanıcıların aradıklarını bulması zorlaşmaktadır. Youtube, Facebook, Spotify, Netflix, Instagram gibi birçok büyük dijital medya platformu kullanıcıların tercihlerini tahmin edip, onlara uygun içerikler tavsiye veren yapay zekâ asistanları kullanmaktadır. Kullanıcılar kişiselleştirilmiş içerikler ile zaman geçirdiği için kullanıcı deneyimi iyileştirilir. Böylece kullanıcılar dijital medya platformlarını daha aktif olarak kullanıp bu platformların büyümesini sağlar. Amazon, Trendyol gibi e-ticaret siteleri ise kullanıcıların satın almaya eğilimli oldukları ürünleri tahmin edip önererek satış rakamlarını artırır. Fakat kullanıcıların tercihlerine uygun öneriler sunabilmek için birçok farklı değişkenin dikkate alınması gerekir. Örneğin bir kıyafet tavsiye sisteminin mevsimi, moda trendlerini ve bireysel tercihleri kullanarak bir öneride bulunması kullanıcının öneriyi beğenme ihtimalini artırır. Bu sebepten tavsiye sistemlerinde birçok farklı yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşımları üç ana başlıkta inceleyebiliriz: İş birliğine dayalı filtreleme metotları, içeriğe dayalı tavsiye sistemleri ve hibrit sistemler.

İŞ BİRLİĞİNE DAYALI FİLTRELEME METOTLARI

Bu tür metotlar ise iki ana başlıkta incelenebilir: Öğe bazlı filtreleme ve kişi bazlı filtreleme. Öğe bazlı filtreleme metodunda kullanıcıların daha önce beğendiği öğeleri göz önüne alıp bu verileri kullanarak benzer öğeler tanımlanır. Kullanıcı bir öğe incelediğinde o öğenin benzeri önerilir. Kişi bazlı filtrelemede ise öğe bazlı filtrelemeden farklı olarak, kullanıcıların benzerleri, kullanıcıların geçmiş davranışlarına göre bulunur. Bir kullanıcıya benzer kullanıcıların beğendiği öğeler önerilir. Kişi bazlı filtrelemede kullanıcıların önceki davranışlarının detaylı incelenmesi gerekir. Bu yüzden yüksek performans göstermesi için öğe bazlı filtreleme yöntemine göre daha çok veriye ihtiyaç vardır.

İÇERİĞE DAYALI TAVSİYE SİSTEMLERİ

Her bir öğe için makine öğrenmesi metotları ile öznitelik vektörü oluşturulur. Öğenin içeriğine göre metotlar değişebilir. Örneğin bir kıyafet tavsiye

sisteminde eğer kıyafetlerin fotoğrafları ve benzer kıyafetlerin verisi var ise metrik öğrenmesi yapılarak üçüz evrişimli yapay sinir ağları kullanılabilir. Eğer öge bir sinyal ise Fourier dönüşümü yapıldıktan sonra elde edilen frekans verileri öznitelik vektörü olarak kullanılabilir. Öğelerin öznitelik vektörleri çıkarıldıktan sonra oluşturulacak sistemin gereksinimlerine göre bir tavsiye sistemi oluşturulur. Tavsiye sistemlerinde çoğunlukla sistem dinamiklidir. Kullanıcıların tercihleri ve önerilecek öğeler zaman ile değişir. Bu zamana bağlı değişkenliğin yanı sıra yeni kullanıcılar da sisteme dahil olur ve yeni kullanıcıların tercihlerini öğrenmek gerekmektedir. Bu probleme uygun olarak çok-kollu haydut problemi adı altında matematiksel bir model oluşturulmuştur.

Klasik çok kollu haydut problemini tavsiye sistemi olarak modelleyerek anlatabiliriz. Herhangi bir turun başında, bir kullanıcı sisteme giriş yapar ve sistem kullanıcıya göstermek üzere bir öge seçer. Kullanıcının öge ile etkileşimine bağlı bir ödül gözlemlenir. Tavsiye sisteminin amacı toplam alınan ödül sayısını ençoklamaktır. Örneğin, tavsiye sistemi internet reklamcılığı için çalıştırılıyorsa, reklam öğeyi temsil eder ve eğer kullanıcı önerilen reklama tıkladıysa sistem ödül gözlemler, eğer tıklamadıysa ise ceza gözlemlenir. Bu örnekte amaç tıklanma sayısını olabildiğince artırmaktır. Performans metriği olarak pişmanlık (regret) kullanılır.

Klasik çok kollu haydut probleminde kullanıcı veya öğenin öznitelik vektörleri modele dahil edilmez. Bu özniteliklerin dahil edildiği bağlamsal çok-kollu haydut problemleri tanımlanmıştır. Bağlamsal çok-kollu haydut probleminde klasik problemde farklı olarak sistem her turun başında öneri yapılacak kullanıcı için bir öznitelik vektörü gözlemlenir ve bu öznitelik vektörüne göre tavsiye sistemi bir öge seçimi yaparak ödülü arttırmayı amaçlar. Probleme bağlı olarak öğelerin de öznitelik vektörleri modele dahil edilebilir. Bu durumda performans metriğinin tanımı bağlamları kapsayacak şekilde genişletilir.

Beklenen ödül değerleri ile bağlamlar arasındaki ilişki farklı şekillerde modellenenebilir. Eğer bu ilişkinin lineer olduğu varsayılıyorsa LinUCB türevi algoritmalar kullanılır. Eğer daha serbest bir varsayım gerekiyorsa

Lipschitz süreklilik varsayımı kullanılabilir. Bu durumda bağlamsal yakınlılaştırma algoritması kullanılabilir. Kullanılacak algoritma problem tanımına göre çok değişkenlik gösterir. Bu yüzden bağlamsal çok-kollu haydut problemlerine ek olarak birçok farklı yaklaşım da eklenmiştir. Örneğin çok-amaçlı bağlamsal çok-kollu haydut problemlerinde sistemin birden çok amacı vardır. Yine internet reklamcılığı üzerinden bir örnek verecek olursak sistem reklamlara tıklanmasının yanı sıra kullanıcıyı da bıktırmamak için farklı türden reklamlar göstermeyi de amaçlamaktadır.

Çok-kollu haydut algoritmalarından farklı olarak, sistem kullanıcının beğendiği öğenin benzerlerini kullanıcıya sürekli gösterebilir. Fakat bu durumda kullanıcıların değişen tercihlerini yakalayamayız. Yine örnek vermek gerekirse bir kıyafet tavsiye sisteminde, bir kullanıcının zamanla tercihleri değişiyor olabilir ve eskiden tercih etmediği elbiseleri artık tercih ediyor olabilir. Ek olarak bir kullanıcı yeşil elbiseleri tercih ediyorsa, bu tür bir tavsiye sistemi hep yeşil elbise gösterebilir. Fakat kullanıcı yeşil elbiseleri beğenmesine rağmen kırmızı elbiseleri daha çok tercih ediyor olabilir. Sistem ise kırmızı elbise yeterince önermediği için kullanıcının tercihlerini doğru değerlendirmeyebilir. Bu yüzden çok-kollu haydut algoritmaları kullanan tavsiye sistemleri kullanıcının tercihlerini öğrenmek için farklı türden elbiseler de gösterir.

HİBRİT SİSTEMLER

Kullanılan hibrit sistemler genel olarak içeriğe dayalı tavsiye sistemlerini ve iş birliğine dayalı filtreleme metotlarını beraber kullanır. Bu yöntemlerden birine örnek olarak iş birliğine dayalı filtreleme yapan haydut algoritmaları verebiliriz. Bu tür algoritmalar hem kullanıcıların benzer kullanıcılarını hem de öğelerin benzer öğelerini her turda belirleyerek bağlamsal çok kollu haydut algoritmalarını uygular. Bu metotlara ek olarak, öğelerin popülerliği ve kullanıcıların bulunduğu konumu gibi ek veriler de kullanılabilir. Böyle sistemlerde kullanıcılar belirli metriklere göre sınıflandırılıp, her sınıfta popüler olan öğeleri kullanarak her sınıfa ayrı bir tavsiye sistemi oluşturan modeller de vardır.

METİNLERİN OTOMATİK SINIFLANDIRILMASI

Dr. Ömer KÖKSAL

Metin sınıflandırma, metinlerin içerdiği bilgilere göre otomatik olarak kategorilere ayrılması olarak tanımlanabilir. Metin sınıflandırma, mühendislik, sosyal bilimler, biyoloji ve tıp gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Dijital dünyadaki dokümanların her geçen gün ne kadar arttığı düşünüldüğünde yapay zekâ ile yapılan otomatik metin sınıflandırmanın neden önemli bir konu olduğu kolayca anlaşılabilir.

Metinlerin ya da belgelerin otomatik olarak sınıflandırılması yapay zekânın bir alt dalı olan doğal dil işleme tekniklerinin en önemli görevlerindendir. Manuel olarak yıllarca sürebilecek metin sınıflandırma işlemleri doğal dil işleme teknikleri ile dakikalar ya da saatler mertebesinde büyük bir

doğruluk oranı ile yapılabilmektedir. Bu yazıda, yapay zekâ ile metin sınıflandırma ile ilgili temel bilgileri giriş düzeyinde vermek istiyoruz.

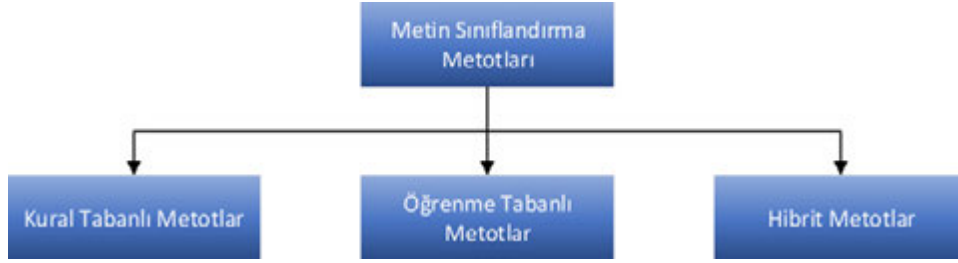
METİN SINIFLANDIRMANIN TEMELLERİ

Metin sınıflandırma, metin madenciliği ve doğal dil işleme teknikleri kullanılarak gerçekleştirilen bir süreçtir. Bu nedenle, bu bölümde metin sınıflandırmanın temellerini oluşturan bu teknikleri gözden geçirmek uygun olacaktır.

METİN SINIFLANDIRMA METOTLARI

Metin sınıflandırma için kullanılan metotlar üç grup halinde sıralanabilir: Kural-tabanlı metotlar, öğrenme tabanlı metotlar ve hibrit metotlar.





METİN SINIFLANDIRMA SÜRECİ

Metin sınıflandırma süreci, metin verilerinin okunması ile başlayan bir süreçtir. Bir veri tabanından, veri setinden, internet üzerinden ya da diğer kaynaklardan alınan metin verileri genelde kelimeler halinde okunsa da bazı uygulamalarda harfler veya cümleler şeklinde okunabilir.

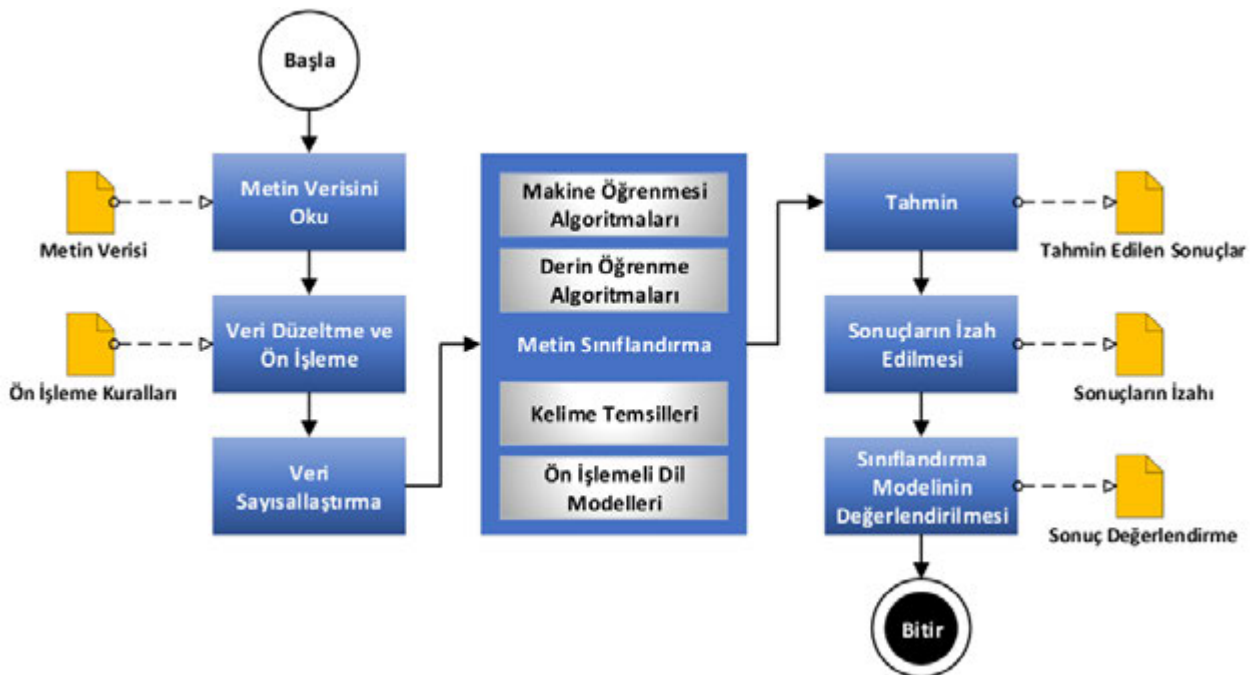
Metin verilerinin okunmasından sonraki süreçler verinin düzeltilmesi ve ön işlenmesidir. Ön işleme süreçleri genelde noktalama işaretlerinin atılması, küçük harfe çevirme, etkisiz kelimelerin [stop word] atılması, kelime köklerinin bulunması gibi işlemleri içerir. Sınıflandırma sürecindeki ön işleme, düzeltme gibi bazı adımların, verilere, kullanılacak tekniklere ve uygulamaya bağlı olarak atlanabileceği unutulmamalıdır. Bunlar dışındaki adımlar ise neredeyse tüm uygulamalarda aynıdır.

Metin sınıflandırmada kullanılan tüm yapay zekâ algoritmaları sadece sayılarla çalışmaktadır.

Bu nedenle metin verilerinin sayısallaştırılması [vektörleştirilmesi], diğer bir deyiş ile özelliklerin çıkartılması [feature extraction] gereklidir.

Sayısallaştırılan veri seti, eğitim seti, test seti ve doğrulama seti şeklinde gruplara ayrılır. Eğitim seti, yapay zekâ algoritmaları kullanarak geliştirdiğimiz sınıflandırma modellerinin eğitilmesi için kullanılır. Metin sınıflandırmada algoritmalarını: makine öğrenmesi algoritmaları, derin öğrenme algoritmaları, kelime temsilleri ve ön eğitilmiş dil modelleri şeklinde dört ana başlık altında toplamak mümkündür.

Sınıflandırma sürecindeki sonraki aşama, eğitilmiş dil modelleri ile test seti üzerindeki veriler için tahminde bulunulur ve bu tahminlerin doğruluk değerleri farklı metrikler ile ölçülür. Bu aşamada elde ettiğimiz sonuçların sadece yüksek doğruluk değerine sahip olması değil aynı zamanda açıklanabilir [explainable] olması da gerekmektedir. Veri setine ve kullanılan teknik ve algoritmalara göre sınıflandırma süreci değerlendirilir ve yorumlanır.



METİN SINIFLANDIRMA ALGORİTMALARI

Yazının bundan sonraki bölümlerinde, metin sınıflandırma sürecinin kalbi olarak değerlendirilebilecek olan yapay zekâ algoritmalarından kısaca bahsedeceğiz.

MAKİNE ÖĞRENMESİ ALGORİTMALARI

Yapay zekânın önemli bir parçası olan makine öğrenimi, sistemlerin açıkça programlanmadan öğrenmesini sağlar. Sınıflandırma algoritmalarında öznitelikler girdi değişkenleri, çıktı özniteliği ise tahmin edilen sınıf veya kategoridir.

Bu bölüm, yaygın makine öğrenimi tabanlı metin sınıflandırma teknikleri ve algoritmalarını sunar. Bu sınıflandırıcıları temel olarak denetimli ve denetimsiz sınıflandırıcılar olarak iki temel tipte gruplandırıyoruz. Ayrıca, yarı denetimli öğrenme sunuyoruz. Sınıflandırma algoritmalarına odaklandığımız için, makale boyunca algoritma ve sınıflandırıcı terimlerinin birbirinin yerine kullanıldığına dikkat edilmelidir.

Makine öğrenmesi algoritmaları, gözetimli, gözetimsiz ve yarı gözetimli algoritmalar olarak üç ana gruba ayrılabilir.

Gözetimli algoritmalarda model, etiketlenmiş bir veri seti ile eğitilir. Diğer bir deyişle, eğitim setinde hem metin verileri hem de bu verilerin ait olduğu sınıflar belirtilmiştir. Model, bu sınıfları öğrenerek tahminlerini bu verilerden oluşturduğu matematik modellere göre yapar.

Metin sınıflandırmada en çok kullanılan gözetimli algoritmalar Naïve Bayes, Lojistik Regresyon, Destek Vektör Makineleri, K-En Yakın Komşu, Karar Ağacı ve Rastgele Orman örnek verilebilir.

Gözetimsiz algoritmalarda ise algoritmalar tamamen etiketsiz veri üzerinde çalışarak verilerin kaç grup olduğuna ve verilerin hangi gruba ait olduğuna karar vermeye çalışır. Gözetimsiz algoritmalar K-Ortalamlar (K-Means) ve Gizli Anlamsal Analiz (Latent Semantic Analysis) örnek verilebilir.

Yarı gözetimli algoritmalarda model, az sayıda etiketli veri ve diğer etiketsiz veriler ile eğitilir. Bu Zayıf gözetim olarak da adlandırılan bu teknik gözetimli ve gözetimsiz tekniklerin arasında yer almaktadır. Genelde, gözetimsiz algoritmalar gibi bir kümeleme tekniği kullanarak sınıflandırma yaparlar.

DERİN ÖĞRENME ALGORİTMALARI

İnsan düşüncesinin işlevsel yönleri, derin öğrenme kavramına ilham vermiştir. Derin öğrenme tabanlı sınıflandırıcılar ve mimariler, dikkat çekici performansları ile metin sınıflandırma uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bölüm, aşağıdaki alt bölümlerde metin sınıflandırması için kullanılan yaygın derin öğrenme mimarilerini sunar.

DERİN SİNİR AĞLARI (DNN'LER)

DNN'ler, çoklu bağlantı katmanlarıyla öğrenmek için tasarlanmış Yapay Sinir Ağlarıdır (YSA). DNN'lerin mimarisi, Şekilde gösterildiği gibi bir giriş katmanı, bir çıkış katmanı ve bunlar arasında bir veya daha fazla gizli katman içerir. DNN'lerin amacı, bu girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkiyi gizli katmanlar yardımıyla keşfetmektir. Bu yapıda her katman bir önceki katmandan bağlantıyı alır.

Metin verilerinin giriş özellik alanı, DNN'nin giriş katmanını oluşturur. Metin sınıflandırma sürecinde girdi, TF, TF-IDF veya kelime yerleştirme gibi özellik çıkarma yöntemleriyle oluşturulabilir. Çıktı katmanı, ikili sınıflandırmada bir düğüme sahiptir ve çok sınıflı sınıflandırmada sınıf sayısı kadar düğüme sahiptir. DNN, etkinleştirme işlevine sahip bir geri yayılım algoritması kullanır. Aktivasyon fonksiyonu, birçok uygulamada sigmoid veya RELU fonksiyonlarıdır. DNN'lerde, çok sınıflı sınıflandırmanın çıktısı Softmax işlevi olacaktır. Softmax fonksiyonunun tanımı aşağıdaki denklemde verilmiştir.

EVİRİŞİMSSEL SİNİR AĞLARI (CNN)

CNN, başlangıçta derin öğrenme mimarisini kullanarak görüntü işleme için tasarlanmıştır, ancak aynı zamanda metin sınıflandırma ve hiyerarşik belge sınıflandırmasında da kullanılır. CNN'nin gizli katmanları, çarpma veya diğer nokta çarpımı ile kıvrılan, özellik haritaları olarak da adlandırılan birkaç evrimsel katman içerir. CNN'de, tipik olarak, RELU, etkinleştirme işlevi olarak kullanılır, ardından ek kıvrımları etkinleştiren havuz katmanları gelir. Ardından tamamen bağlı katmanlar, normalleştirme katmanları ve çıktı katmanı gelir. CNN'yi metin sınıflandırmasında kullanırken, öznitelik uzayının boyutu bir soruna neden olabilir. Görüntü sınıflandırma uygulamalarında birkaç kanala (örneğin RGB'de üç kanal) ihtiyaç duyulur. Ancak, metin sınıflandırma uygulamaları için bu özellik alanı çok büyük olabilir.

TEKRARLAYAN SİNİR AĞI (RNN)

RNN mimarisi, dizi veya zamana dayalı analiz yapmak için iyi bir uyum sağladığından, kayda değer performansa sahip metin sınıflandırma uygulamaları

için yaygın olarak kullanılır. RNN, önceki düğümlerin bilgilerini değerlendirir ve giriş dizisindeki önceki veri noktalarına daha fazla ağırlık verir. RNN, kaybolan ve patlayan gradyan sorunlarının üstesinden gelmek için çift yönlü RNN, uzun kısa süreli bellek [LSTM] veya kapalı tekrarlayan birim [GRU] mimarilerinde kullanılır.

ÇİFT YÖNLÜ RNN

Çift Yönlü RNN'ler, iki RNN'nin çıktılarını birleştirerek tahminler gerçekleştirir. RNN'lerden biri verileri ileriye doğru işlerken diğeri geriye doğru işler. Son olarak, bu iki RNN'nin çıktıları, nihai tahmini yapmak için birleştirilir.

LSTM

LSTM, her bir düğümün bilgi miktarını düzenlemek için çeşitli kapılar kullanır. Tipik bir LSTM kapısı, üç kapıdan (giriş, çıkış ve unutma) ve bir hücreden oluşur. Geri bildirim bağlantılarıyla LSTM, tüm veri dizisini işler ve bu nedenle konuşma tanıma, el yazısı tanıma ve izinsiz giriş algılama gibi uygulamalarda yaygın olarak kullanılır. Zaman serisi verilerini işlemek ve sınıflandırmak için çok uygundur. LSTM, RNN'nin kaybolan gradyan probleminin üstesinden gelmede başarılıdır.

GRU

GRU'lar, geçit mekanizmalarına sahip RNN'lerdir ve RNN'lerdeki geleneksel tanh işlevinden daha iyi performans gösterirler. Bu nedenle, GRU'lar, LSTM mimarilerinin basitleştirilmiş versiyonları olarak değerlendirilebilir. GRU'nun performansı, belirli görevlerde (konuşma işleme ve NLP gibi) LSTM'lerin performansına benzer olsa da özellikle daha küçük ve daha az sıklıkta veri kümelerinde daha yüksek performansa sahip olabilirler. Ancak, LSTM sınırsız sayma gerçekleştirir ve basit dilleri öğrenmek ve makine çevirisi yapmak için GRU'dan daha iyi performans gösterir.

KELİME TEMSİLLERİ

Özellik çıkarmada daha yeni bir yaklaşım, kelime çantaları [BOW] yerine kelime yerleştirmelerini kullanmaktır. Bu şekilde modelimiz sadece kendi verimizle eğitilmemiş olacaktır. Bu nedenle, genelde internet üzerindeki büyük veriler ile eğitilen kelime temsili kütüphanelerinin, kelime çantası tabanlı yöntemlere göre daha başarılı sonuçlar verebildiği görülmektedir. Kelime temsilleri yerleştirmeleri, vektör temsillerine eşlenen kelimelerin veya cümlelerin anlamlarını elde ederek, yeni bir vektör uzayında metinlerin benzer şekilde gruplandırılmasını sağlar. Kelime yerleştirmeleri, BOW modellerinden daha verimli olabilir. BOW

modellerinde, dizin konumunda belge toplama ve etiketlemenin genişliği, veri seyrekliği sorunlarına neden olur. Bununla birlikte, sözcük yerleştirmeleri, veri seyrekliği sorununu çözmek için belirtecin çevresindeki sözcükleri hesaba katar. Verilen metnin bilgileri, yoğun vektörlerle sonuçlanacak şekilde modele aktarılır. Bu sürekli vektör uzayı gösteriminde, anlamsal olarak benzer kelimeler birbirine yakındır. Bu çıkarım, ya dil modellemesi için sinir ağıları kullanılarak, bir cümledeki bir kelimeyi girdi olarak verilen yakındaki kelimelerle tahmin ederek ya da eğitim külliyyatının istatistiksel özelliklerini yakalayarak sağlanabilir. Benzer bağlam girdilerindeki kelimeleri tahmin ederken, sinir ağıları benzer tahmin edilen kelime çıktıları üretir ve bu da istenen özelliğe sahip semantik bir temsil alanı ile sonuçlanır. Word2Vec, Doc2Vec, Glove ve FastText en yaygın olarak kullanılan kelime temsil kütüphaneleridir.

ÖN EĞİTİMLİ DİL MODELLERİ

NLP alanındaki değerli performansları nedeniyle önceden eğitilmiş dil modellerinin kullanımı ortaya çıkmaktadır. Transformatör mimarisinde kodlayıcı-kod çözücü modellerinin tanıtılmasıyla önceden eğitilmiş dil modelleri araştırma ilgisinin arttığını gördü. Kodlayıcı modelleri girdi metnini alır ve mutlaka bir anlamsal alana ait olmayan yüksek boyutlu gizli yerleştirmeler üretir. Kod çözücü modelleri, bir dil modelleme görevini gerçekleştirmek için bu yerleştirmeleri tekrar doğal dile dönüştürür. Önceden eğitilmiş dil modelleri, bağlamsal yerleştirmeler olarak da adlandırılan, kelimelerin dinamik temsillerini kullanır. Ön eğitim prosedürü, alandan bağımsız büyük korporalar kullanılarak gerçekleştirilir. Bu tür modelleri aşağı akış uygulamaları için dağıtmak, daha küçük, etki alanına özgü verileri kullanarak modeli görev için optimize eden bir ince ayar adımı gerektirir. Bu bölüm, yaygın olarak kullanılan bazı önceden eğitilmiş dil modellerini kısaca sunar.

ELMO

LSTM modeline dayalı olarak, ELMO, tüm giriş cümlesinin işlevleri olarak kelime temsilleri üretir. ELMO'nun bir cümledeki sonraki kelimeyi tahmin etmek için bir tahmin görevi vardır. Tahmin, ileri ve geri dil modellemesini birleştirerek LSTM'nin gizli durum vektörlerinde önceki kelimelerden yakalanan bilgilere dayanarak gerçekleştirilir, ELMO bağlam bilgilerini kelime temsilleriyle ilişkilendirir. Dinamik olarak hesaplanan kelime vektörleri ile ELMO, statik kelime vektörleri üreten diğer kelime gömme algoritmalarından farklıdır.

ELECTRA

ELECTRA benzer bir mimari kullanır ve jeneratörü mimaride maskeli bir dil modelleme görevi ile eğitir. Maskelenmiş dil modelleme görevi, girdide rastgele seçilen bir belirteci bir MASK belirteci ile değiştirir ve modelin orijinal belirteci tahmin etmesini bekler. ELECTRA'nın ana avantajı, rekabetçi doğruluk elde ederken hesaplama karmaşıklığını azaltmak için daha küçük jeneratör ağıları kullanmasıdır.

BERT

BERT, çok katmanlı bir transformatör kodlayıcı modelidir. BERT, hem maskelenmiş bir dil modelleme görevi hem de bir sonraki cümle tahmin görevi ile aynı anda büyük bir bütüncü üzerinde eğitilir. Giriş metnindeki uzun menzilli bağımlılıkları modellemek için bir dikkat mekanizması kullanır. BERT'te dil modellemesi adından da anlaşılacağı gibi çift yönlüdür. Bu çift yönlü model, tahmin sürecinin bağlamsal bilgisini yakalamayı amaçlar. Sonraki cümle tahmin görevi, girdideki bir sonraki cümleyi rastgele başka

bir cümleyle örnekler. Modelin, seçilen cümlelerin doğal olarak ilk cümleyi takip edip etmediğini tahmin etmesini bekler. Bu görev, BERT'in cümle düzeyinde çalışarak daha geniş bir doğal dil anlayışı geliştirmesini sağlar. BERT, ince ayar özelliği ile çeşitli aşağı akış görevleri için zorlayıcı bir temel sağlar. BERT ince ayarı, önceden eğitilmiş BERT'yi uyarlamak için etki alanına özgü ek verilerin kullanılmasını sağlar. Sınıflandırma görevi için, tüm diziyi kodlamak için giriş dizisinin başına yerleştirilen özel CLS belirteci için BERT gömme vektörü kullanılır. Ek bir tam bağlantılı katman, sıralama olasılıklarına gömülen diziyi eşler. BERT, dönem boyutu, maksimum giriş dizisi uzunluğu ve önceden eğitilmiş model seçimi gibi performansı artırmak için çeşitli parametrelere sahiptir. Literatürde, BERT'nin çeşitli NLP görevlerinde önceden eğitilmiş diğer dil modellerinden daha iyi performans gösterdiği gösterilmektedir. BERT, daha hafif ince ayar işlemine daha küçük, göreve özel verileri dahil edebilir. Bu nedenle, bir dizi aşağı akış görevinde yüksek doğruluk kazanımları için yaygın olarak benimsenir.



BİLİŞİMDE YAPAY ZEKÂNIN YERİ NEDİR?

Dr Ömer KÖKSAL

İnternet, milyarlarca cihazın birbirine bağlı ağlarla birleştirilmesinden meydana gelmektedir. Son yıllarda ise, bilgisayar ve telefonlara ek olarak çok çeşitli ve fazla sayıda cihazın da internete bağlanması ile nesnelerin interneti (Internet of Things – IoT) kavramı daha çok yaygınlaşmıştır. Nesnelerin interneti, alanda yükselişe geçen yapay zekâ ile yakından ilgili bir konudur. Bu yazıda, nesnelerin interneti ve yapay zekâ teknolojilerinden kısaca bahsederek aralarındaki bağlantıları anlatmaya çalışacağız.

İNTERNET'TEN NESNELERİN İNTERNETİNE

İnternetin gelişimi, 1969'da, ABD'deki Stanford Üniversitesi ve Kaliforniya-Los Angeles Üniversitesi ağlarının birbirine ARPANET ağı ile bağlanması ile başlar. İnternetin gelişmesindeki bazı önemli kilometre taşları aşağıda verilmiştir:

- 1969 – ARPANET'in kurulması,
- 1970 – TCP/IP protokolünün geliştirilmesi,
- 1980 – Ethernet standardının geliştirilmesi,
- 1982 – Basit Dosya Transfer Protokolünün [SMTP] geliştirilmesi,
- 1984 – ARPANET'in İNTERNET olarak adlandırılması,
- 1985 – COM alan adresinin kullanılması,
- 1989 – World Wide Web [WWW] servisi ve ilk İnternet tarayıcı programının geliştirilmesi,
- 1994 – Metin tabanlı İnternet arama motorlarının kullanılması,
- 1999 – Kablosuz ağların kullanılması
- 1999 – Nesnelerin interneti (Internet of Things – IoT) kavramının ilk defa kullanılması

NESNELERİN İNTERNETİ – REFERANS MİMARİ

Nesnelerin interneti kavramını daha iyi anlamak için tipik bir referans mimariyi incelemek uygun olacaktır.

Nesnelerin interneti için tipik bir referans mimari aşağıdaki şekilde verilmiştir. Bu mimari, cihaz

katmanı, ağ katmanı, seans katmanı, uygulama katmanı ve iş katmanından oluşmaktadır. Bu mimarideki yönetim katmanı ve güvenlik katmanı ise tüm katmanların yönetiminden ve güvenliğinden sorumlu olan yazılım katmanlarıdır.



Cihaz katmanı, IoT uygulamasının verilerinin alındığı, veri ya da komutların gönderildiği sensör, eyleyici, makine ve cihazlar ile iletişim kurulan katmandır.

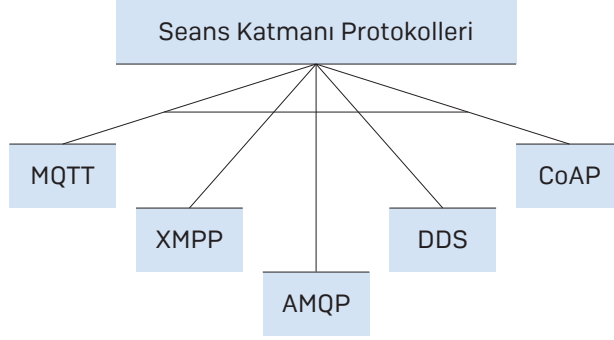
Ağ katmanı ise ağ bağlantısının yapıldığı TCP/IP, UDP, Bluetooth, LPWAN, ZigBee gibi iletişim protokollerini tanımlamak için kullanılır.

Uygulama katmanında iş zekâsı elde etmek için işlenen ve takip edilen veriler iş katmanında geliştirilen uygulamaya özgü stratejilere ve planlara uygun olarak geliştirilen yazılım fonksiyonlarında girdi olarak kullanılır.

Nesnelerin interneti yazılımlarının, kendilerine özgü protokoller ile haberleştiği katman seans katmanıdır. Bu katmanda, nesnelerin interneti kavramına özgü haberleşme protokolleri yer almaktadır. Geliştirilmek istenen uygulamanın tipine ve amacına göre uygun bir seans protokolü seçerek uygulama geliştirebilmek için seans protokollerinden kısaca bahsetmek uygun olacaktır.

NESNELERİN İNTERNETİ – HABERLEŞME PROTOKOLLERİ

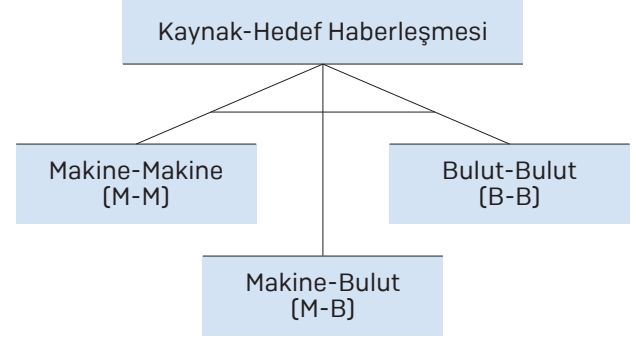
Aşağıda, en yaygın kullanılan seans protokollerinden beş tanesi verilmiştir. Bu protokoller, farklı kurumlarca standartlaştırılmış ve idame edilmektedir.



Seans Protokolü	Protokol İsmi Açılımı	Standartlaştıran Kurum
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport	OASIS
XMPP	Extensible Messaging and Presence Protocol	Internet Engineering Task Force
AMQP	Advanced Message Queuing Protocol	OASIS
DDS	Data Distribution Service	Object Management Group
CoAP	The Constrained Application Protocol	Internet Engineering Task Force

NESNELERİN İNTERNETİ – KAYNAK – HEDEF ARASI HABERLEŞME YÖNTEMLERİ

Bu protokoller, nesnelerin interneti uygulamalarında, makine-makine, makine-bulut ve bulut-bulut tipi üç tip iletişimi sağlamak için kullanılır.



Seans Protokolü	Ana Haberleşme Yöntemi
MQTT	Makine ← → Makine
XMPP	Makine ← → Makine
AMQP	Bulut ← → Bulut
DDS	Makine ← → Makine
CoAP	Makine ← → Bulut

NESNELERİN İNTERNETİ VE YAPAY ZEKÂ

Nesnelerin interneti ve yapay zekâ bağlantısı, nesnelerin interneti teknolojilerinin sağladığı veri elde etme ve sağlama teknikleri ile başlar. Nesnelerin interneti, sağladığı makine-makine haberleşme, makine-bulut haberleşme ve bulut-bulut haberleşme teknolojileri ile pek çok teknolojinin ve yapay zekanın ihtiyaç duyduğu verilerin hızlı ve uygun maliyetle sağlanmasına olanak sağlar. Bu teknolojilerle büyük veriler elde edilebilir. Bu büyük veriler, elde edildikten sonra, özel işleme ve aktarma yöntemleri ile bulut bilişime aktararak depolanır. Elde edilen ya da depolanan verilerin gerçek zamanlı ya da çevrimdışı işlenerek katma değeri yüksek bilgilerin elde edilmesinde yapay zekâ algoritmaları önemli rol oynamaktadır.

**Nesnelerin
İnterneti (IoT)**

- Makine - Makine Haberleşme
- Makine - Bulut Haberleşme
- Bulut - Bulut Haberleşme

Büyük Veri

- Büyük Veri Analitiği

Bulut Bilişim

- Edge Hesaplama
- Fog Hesaplama

Yapay Zeka

- Makine Öğrenmesi
- Derin Öğrenme
- Doğal Dil İşleme
- Bilgisayarlı Görü
- Pekiştirmeli Öğrenme

**Karar Destek
Sistemleri**

- Komuta Kontrol Sistemleri
- Savaş Oyunları
- Karar Destek Yazılımları

Yapay zekâ algoritmalarının sonuçları doğrudan kullanılabilceği gibi, karar destek sistemleri gibi daha üst seviye sistemlere ve yazılımlara girdi olarak da kullanılabilir.





FERSAH

Karinaya Monteli DSH Sonarı

ASELSAN FERSAH Karinaya Monteli DSH Sonarı, aktif modda denizaltı ve mayın benzeri objeleri, pasif modda ise, denizaltı, su üstü gemisi ve torpido tehditlerini tespit, analiz ve takip etmektedir. Ayrıca, intercept sonar ve sualtı telefonu özelliklerine de sahiptir.

www.aselsan.com



aselsan

KABLOSUZ ENERJİ TRANSFERİNDE MİKRODALGALAR

Evren UYSAL

Modern dünyanın getirdiği teknolojiler zaman zaman konfor sunma amacının dışına çıkarak günlük yaşamı daha da konforsuz bir hale çevirebilmekte. Gelişmiş cep telefonları, bilgisayarlar, çeşit çeşit elektronik aletler... Biz canlılar gibi hepsi enerjiye gerek duymakta. Bu enerji de bir şekilde formdan forma dönüşerek elektronik cihazlarımıza ulaşmaktadır. Enerjinin transferinde bugüne kadar neredeyse hep kablolar kullanıldı. Ancak, bu durum şehirleri dolduran elektrik hatlarının ortaya çıkmasına yol açtı. Zamanla bu kablo yoğunluğu yavaş yavaş göz önünden kalkıp yer altına inse de halen elektronik cihazlarımızı kullanabilmek, onları şarj edebilmek için kablolarla ihtiyaç duymaktayız.

Enerjinin bir yerden bir yere yönlendirilmesi ve bunun kablosuz olarak iletimi ile ilgili fikirler de binlerce yıl öncesine dayanmaktadır. Bugün bildiğimiz anlamda olmasa da Arşimet'in aynaları, enerjinin bir kaynaktan hedefe doğru kablosuz olarak aktarımının tarihteki ilk örneği sayılabilir. Efsaneye göre Arşimet dev aynalar ile güneşten gelen enerjiyi düşman gemileri üzerine aktarmış ve gemilere zarar vererek geri çekilmelerini sağlamıştır.

Bildiğimiz anlamda ise, on dokuzuncu yüzyılın sonlarında insanların hayatına giren kablolu enerji transferine alternatif çözüm olarak kablosuz enerji transferi fikri birkaç yıl sonra bilim insanları tarafından ortaya atılıyor. Şüphesiz bu fikirleri test etme ve uygulama açısından yürütülen çalışmalardan en ünlüsü de mucit Nikola Tesla'nın yürüttükleriydi. 1901-1917 yılları arasında inşa edip deneyler yaptığı Wardenclyffe Kulesi namı diğer Tesla Kulesi ile dünyanın kendi elektrik yükünü insanlığın ulaşabileceği şekle dönüştürerek tüm dünyaya kablosuz enerjiyi transfer etmeye çalışmıştı. 300 kW giriş gücü ile beslenen bu kule 150 kHz frekansında çalışmaktaydı. Ne yazık ki bu deney enerjinin her yönde yayılarak sönümlenmesi nedeniyle başarısızlık ile sonuçlanmıştır.

O dönemde yeni yeni anlaşılmaya başlanan elektromanyetik dalgalar ise Marconi'nin radyo sisteminde yerini almaya başlamıştı. Elektromanyetik dalgalar radyo sistemlerinde iletişimi sağlamak amacıyla düşük güçlerde enerji iletimi için kullanılmıştır. O dönemlerde henüz bir cihazın çalışması için gereken enerjiyi sağlamanın çok ötesindeydi.

Günümüzde ise gelişen teknolojiler yardımıyla kablosuz enerji transferi artık yavaş yavaş hayatımıza girmekte. Görece uzun bir geçmişe dayanan bu çalışmaların günlük hayatımızda neleri değiştirebileceğini hiç düşünür mü? Elbette telefonlarımızı şarj etmeye ihtiyaç duymayacak, masaüstü bilgisayarlarımızın bataryalarını söküp atabilecek, elektrikli araçlarımız ile şarj istasyonuna ihtiyaç duymadan istediğimiz yere gidebileceğiz hatta belki uçaklar yakıtı ihtiyaç duymadan uçabilecek. Fakat bunlar kablosuz enerji transferinin günlük hayatımıza getirdiği konfor olacak. Ancak, kablosuz enerji transferinin insanlığı tamamen değiştirebileceği, insanlığa açabileceği başka kapılar da var...

Kısıtlı kaynaklara sahip dünyamızın sürekli artan insan ihtiyaçlarına karşılık veremeyeceği aşikâr. Endüstrinin ana hammaddeleri olan elementlerin önümüzdeki 60-70 yıl içerisinde tükenebileceği birçok uzman tarafından söylenirken, asteroitler devasa bir hammadde kaynağı olarak ortaya çıkıyor. Örneğin, 1997 yılında keşfedilen 1,6 km çapındaki küçük bir asteroitin 20 trilyon Amerikan Doları değerinde hammadde içerdiği, dünyanın nadir metal ihtiyacını bir milyon yıl karşılayabileceği tahmin edildi. Bu durum insanları bir süre sonra dünyada bulamadıkları kaynakları uzayda aramaya itecek.

Peki asteroit madenciliği yapmak, ihtiyaç duyulan hammaddeyi asteroitten çıkarmak ve çıkarılan

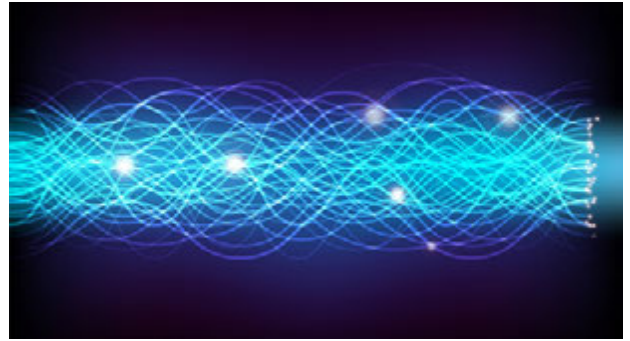


hammaddeyi dünyaya kısa sürede sağ salim ulaştırmak için ne gerekli? Elbette yüksek miktarda bir enerji. Bu enerjiyi sağlayabilmek için de kablosuz mikrodalga enerji transferi öne çıkmakta.

Mikrodalgaların bir noktada odaklanabilmesi, boşluktaki ışık hızındaki iletimi, yüksek frekansları sayesinde küçük boyutları mikrodalgaların uzay madenciliğinde tercih edilirliliğini artırmaktadır. Mikrodalga devre tasarımlarının bu konu özelindeki çalışmaları her geçen gün artarak devam ederken, elde edilen sonuçlar mikrodalgaların enerji transferinde çok yakında kullanılabilir olacağını işaret etmekte. En son elde edilen sonuçlara göre, mikrodalga enerji hasatlayıcılarının verimi şimdiden yüzde 95'e kadar ulaşmıştır. Yüksek verimli iletim kıymetli enerjinin doğru nokta yeterli miktarda sağlanması ile hiç şüphesiz uzay madenciliğini mümkün kılacaktır.

Uzay madenciliğinin yanında yine uzay araçlarının boşlukta yakıtsız olarak yolculuk edebilmesinin de yolu açılabilir, çok uzak mesafelere yolculuklar yapılabilir. Belki Mars'ta kurulacağı söylenen kolonilere devamlı olarak enerji sağlanabilir.

21. yüzyılda bilimin baş döndüren ilerleyişi bizlere bu da olur mu denilen şeylerin olabileceğini gösterirken hiç şüphesiz geleceğe dair bir özgüven aşıladı. Mikrodalgalar ile yüksek miktarlardaki enerjinin kablosuz iletimi şu an deneysel bir konu olarak görünse de açtığı kapılar ve sunduğu imkanlar ile üzerinde yoğun olarak çalışılan bir konudur. Çok da uzak olmayan bir gelecekte hayatımızın bir parçası olması sürpriz olmayacaktır.



KÜÇÜK YERLEŞİMLER İÇİN MİKRO ŞEBEKE TEKNOLOJİ VE ÇÖZÜMLERİ

Bariş Çağrı DİNÇ

Günümüzde kullanılan mevcut enerji şebekelerimizle ilgili sorun, çok büyük ve kontrol edilmesi zor olmasıdır. Bir noktada yaşanan sıkıntılar, o enerji şebekesine bağlı diğer tüm noktaları olumsuz olarak etkiler. Bu nedenle araştırmacılar, birbirine bağlı olmayan daha küçük şebekeler tasarlama konusunda çeşitli çalışmalar yürütmektedir. Bu küçük şebekelere mikro şebeke denmektedir.

Bir mikro şebeke, elektriği kullanım yerinde üretmenize ve en çok ihtiyaç olduğunda kullanılmasına izin veren bağımsız bir elektrik ağıdır. Bu amaçla mikro şebeke kontrolcüler, tesislerin dağıtılmış enerji kaynaklarını (DER) bağlayacak, izleyecek, kontrol edecek ve performansı, sürdürülebilir ayak izini ve esnekliği artıracaktır. Mikro şebekeler elektrik şebekesine bağlı veya bağlantısız "ada" modunda çalışabilmektedir. Ada modu sayesinde şebekelerde yaşanan sorunlara karşılık veya elektrik fiyatları zirve yaptığı anda, mikro şebekeler yanıt verir.

Mikro şebekeler çoğu zaman "ada" modunda çalışacak şekilde tasarlanır ve başka herhangi bir enerji şebekesine ihtiyaç duymaz. Fakat yeterli elektrik üretmedikleri zaman, ekstra enerji talebini karşılamak için dizel jeneratörlere veya ana şebekeye bağlanırlar.

Net sıfır geçişini sağlamak için artan temiz enerji talebi gibi etkenlerle beslenen mikro şebekeler günümüzde yukarıda verilen nedenler nedeniyle fazlaca rağbet görmektedir. Güvenilir ve güvenli küresel güç kaynağına yönelik artan gereksinimin yanı sıra mikro şebeke pazarının 2020 ve 2025 yılları arasında yüzde 10,6'lık bir CAGR ile 2020'de 28,6 milyar ABD dolarından 2025 yılına kadar 47,4 milyar ABD dolarına ulaşacağı tahmin edilmektedir. COVID-19 pandemisi ile ticari ve endüstriyel tesisler için mikro şebekelerin rolü daha da önemli hale gelmiştir. Bu nedenle, üzerinde araştırmalar gerçekleştirilmesi gereken ve yeşil enerji geçişini sağlayan mükemmel bir dijitalleşme örneğidir.



Çeşitli şebeke teknolojileri

Dünyada çokça örneği bulunan mikro şebekelerin geliştirilmesi ve millileştirilmesi yakın gelecekte hem yeşil sürdürülebilir bir enerji için kritik olmakta hem de enerji güvenliğini sağlamak adına dışa bağımlılığı azaltmaktadır. Bu bağlamda Kıbrıs İleri Teknolojiler Araştırma Merkezi yürüttüğü proje ile mikro şebekelerin geliştirilebileceği iki alanda çalışmalarını sürdürmektedir.

İlk olarak gelişen güç elektroniği teknolojisi ile direkt akım tabanlı sistemin kullanımı mümkün olmuştur. Bu konuda geliştirilecek güç elektroniği kontrol sistemleri ile yenilenebilir enerji kaynaklarının en ciddi problem olan belirsizlik ve değişken güç kalitesi sorunu çözülebilecektir.

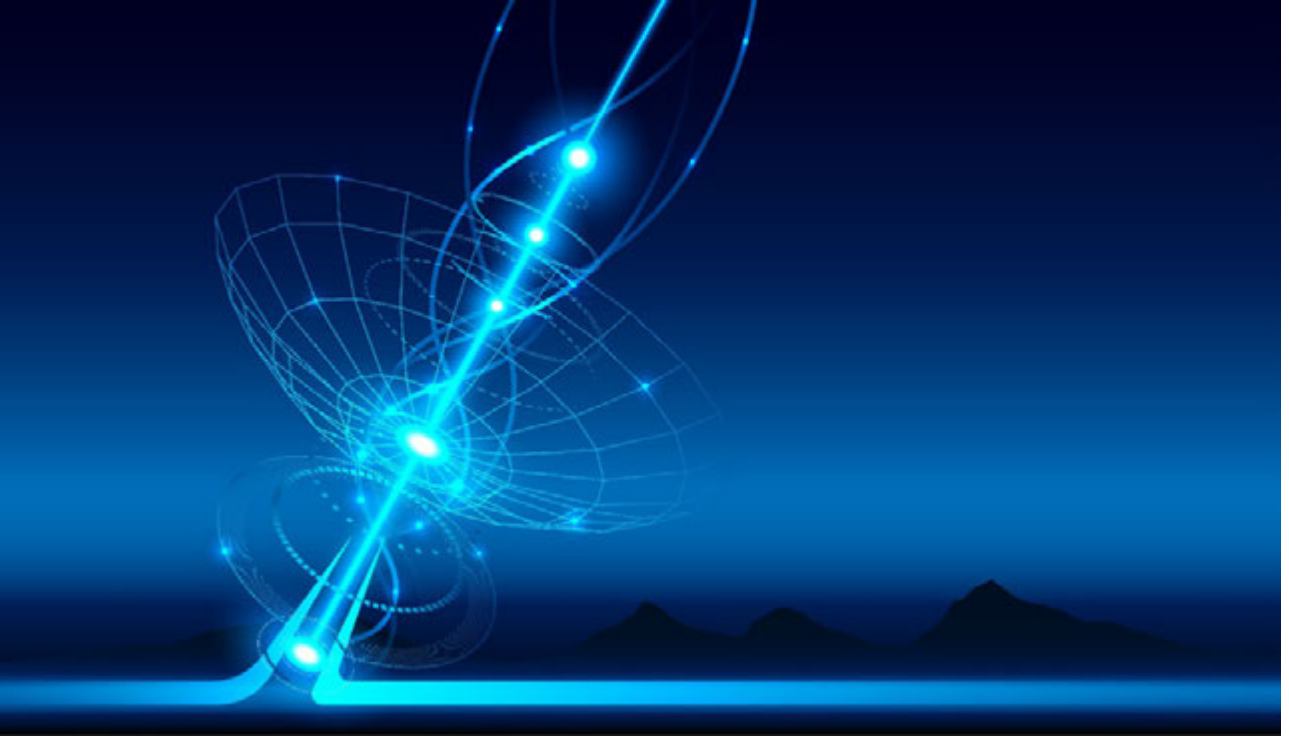
İkinci olarak da bu enerji kaynaklarının yönetilmesi konusunda geliştirilecek algoritmalar ile normalde kapalı kutular arkasında bulunan kontrol sistemlerinin milli ve ihtiyaca uygun şekilde geliştirilmesi sağlanacaktır. Hatta söz konusu kontrol sistemi yapay zekâ teknolojilerinin kullanılmasıyla döneme ve uygulamaya adapte olarak maksimum verim alınmasının önünü açacaktır.

Yukarıdaki teknolojilerin geliştirilmesi konusun KKTC Ekonomi ve Enerji Bakanlığı ile bir iş birliği protokolü imzalanmış, çalışma sonuçlarının ilk olarak bir ada şebekesinde denenmesi ile her türlü ortama adapte olması daha mümkün hale gelecektir.



ANTEN NEDİR? ANTEN SİSTEMLERİNDE METAMALZEMELER

Mehmet KOPAR
Enez Furkan CİHAN

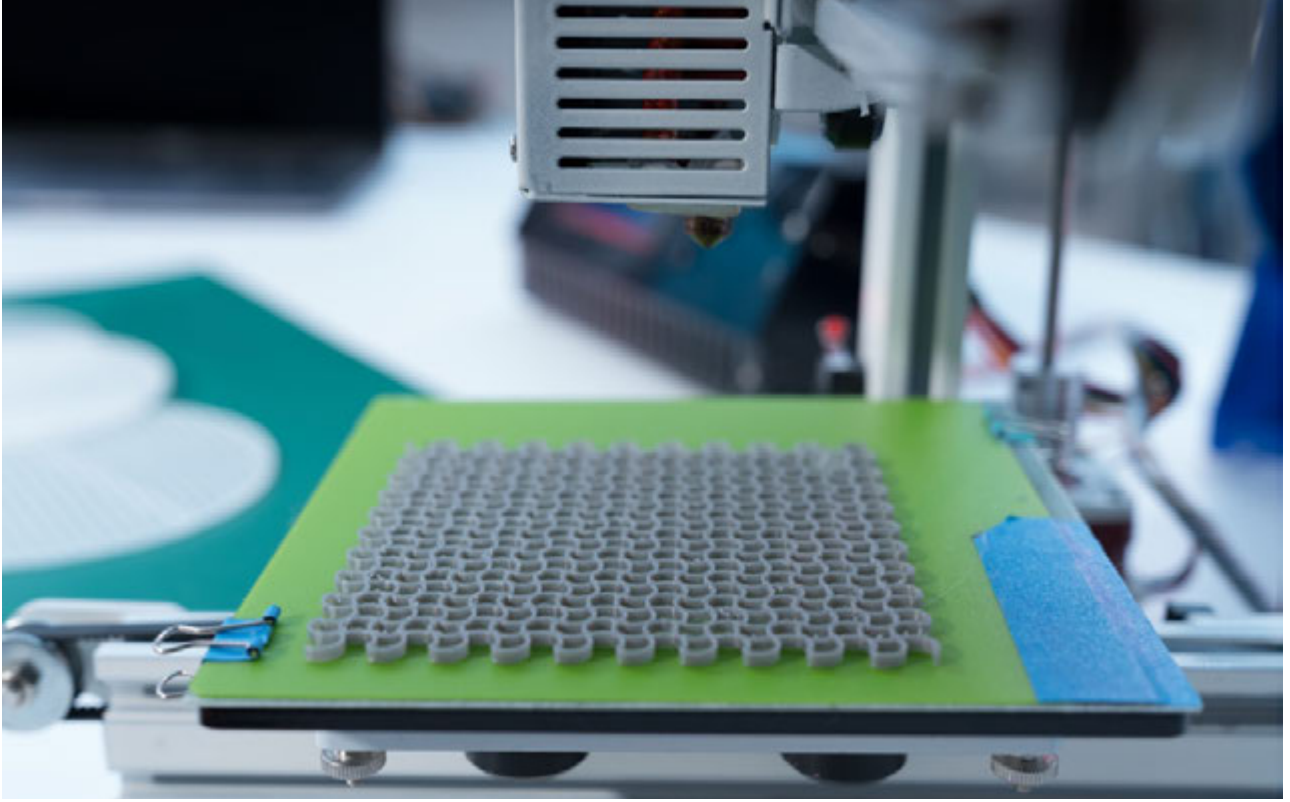


Antenlerin tarihi, elektrik ve manyetizma teorilerini birleştiren James Clerk Maxwell'e kadar uzanır. İlk anten ise Alman fizikçi Heinrich Hertz tarafından üretilmiştir. İkinci Dünya Savaşı antenlerde yeni bir dönem başlatırken, 1960'lardan 1990'lara kadar bilgisayar mimarisi ve teknolojisinde kaydedilen ilerlemeler, modern anten teknolojisinin ilerlemesinde büyük bir etkiye sahip olmuştur ve yirmi birinci yüzyılda anten mühendisliği üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olması beklenmektedir.

Geçmişte anten tasarımı, genel sistem tasarımında ikincil bir konu olarak görülse de günümüzde kritik bir rol oynamaktadır. Aslında, birçok sistem başarısı antenin tasarımına ve performansına bağlıdır. Ayrıca,

bu yüzyılın ilk yarısında anten teknolojisi neredeyse denemeye dayalı işlem olarak kabul edilebilirken, bugün gerçekten bir mühendislik bilimidir.

Anten, radyo dalgalarını yayan ya da toplayan bir araçtır. Elektromanyetik radyasyonları alternatif akıma dönüştüren ve bunun tersini yapan bir dönüştürücüdür. Anten, yapısı gereği iki yönlüdür; hem gönderme hem de alma fonksiyonları için kullanılabilir. Verici anten, uzak mesafelerde yerel olarak düzlem dalgaya yaklaşan bir küresel dalga yayar. Alıcı anten, gelen düzlem dalganın bir kısmını keser ve alıcı yük empedansına alma gücünü aktarır. Gönderici uçta, iletilecek bilgi antene salınımlı voltaj olarak uygulanır. Uygulanan voltaj yüzey akımlarına



yol açar, bu da salınımlı elektrik ve manyetik alanlara yol açar. Bu alanların ürettiği enerji elektromanyetik dalgalar olarak uzaya yayılır. Antenin alıcı ucunda, uzaydan gelen elektromanyetik dalgalar antende bir foton-elektron etkileşimine neden olarak yüzeyinde orijinal sinyali yeniden oluşturan bir akım akışına neden olur.

Anten alanı güçlü ve dinamik bir alandır ve iletişim sistemlerinin en önemli parçalarından biridir. Sistem performansında da hatırı sayılır bir yere sahiptir. Teknolojinin ilerlemesi ile sistem performansı daha fazla önem arz etmektedir ve bu da anten sistemleri üzerindeki çalışmaların sürekli olarak güncel olmasını sağlamakla beraber yeni gelişmelere de ihtiyaç olduğunu hiçbir zaman unutturmamaktadır.

Yunancada “ötesinde” anlamına gelen meta ön eki ile metamalzemeler doğada bulunan maddelerden/ malzemelerden farklı özellikler sergileyen yapay malzemeler olarak adlandırılır. Metamalzeme davranışları doğal maddelerde gözlemlenemez. Yapay olarak tasarlanan metamalzemeler, özelliklerini bileşimindeki malzemelerden değil tasarımlarındaki yapılardan alırlar. Özetle metamalzemeler, geleneksel malzemelerin sunamadığı yetenekleri sağlayan yapılar olarak tanımlanabilir.

Elektromanyetik dalgaları yönlendirmede yapay malzemelerin keşifleri on dokuzuncu yüzyılın sonlarına doğru başlamıştır. 60'ların sonunda “The Electrodynamics of Substances with Simultaneously Negative Values of ϵ and μ ” isimli makale ile Rus fizikçi Victor Veselago tarafından negatif indisli malzemeler teorik olarak tanımlanmıştır. Kısa bir aradan sonra, yirminci yüzyılın sonlarına doğru, metamalzeme alanındaki çalışmalar artan ilgi ile devam etmiştir. Ünlü İngiliz fizikçi John Pendry ve birçok bilim insanı tarafından bu alana katkılar sağlanmış, çığır açan yeni fikirler sunulmuştur.

Metamalzemeler, istenen özellikleri ve işlevleri elde etmek için yapay olarak tasarlanır. Bu yapılar genellikle periyodik sırada dizilmiş birim hücrelerin bir araya gelmesiyle oluşturulur. Birim hücrelerin geometrisi/mimarisi metamalzeme karakterinin ayarlanmasında rol oynar. Hedef özellikleri elde etmek için uygun geometrik tasarımın yapılması ile metamalzemenin kırılma indisi pozitif, sıfıra yakın veya negatif değerlere ayarlanabilir.

Bilinen tüm doğal malzemeler pozitif kırılma indisi değerine sahiptir. Bir ortamdan başka bir ortama geçen ışık, yayılma yönünde hafifçe bükülür. Bir malzemenin kırılma indisi arttıkça ışığı orijinal yolundan daha çok ayırır. Havanın kırılma indisi

yaklaşık 1 iken suyun kırılma indisi 1.33'tür. Negatif kırılma indisi ise yayılımın geriye doğru bükülecek şekilde olması demektir. Negatif kırılma indisine sahip malzemeler, biyotipta, uzay uygulamalarında, ısı transferlerinde ve birçok alanda yeni uygulamalara olanak sağlar.

Dalga manipölasyonu ile metamalzemeler birçok alanda kullanılmaktadır; akustik uygulamalarda, süperlenslerde, geliştirilmiş güneş pillerinde, optik kamufraj ve görünmezlik pelerinlerinde, soğurucularda, sensörlerde, anten sistemlerinde ve sayısız uygulamalarda. Metamalzemeler, uygulama alanlarına göre tasarlanan farklı yapılarıyla benzersiz özellikler sunarlar.

Anten sistemlerinde çoğunlukla periyodik olarak kullanılan elektromanyetik metamalzemeler, farklı frekans bölgeleri ve farklı uygulama hedeflerine göre farklı şekillerde tasarlanır. Anten sistemlerinde kullanılan elektromanyetik metamalzemeler, genellikle sistem performansını iyileştirmede ve minyatürleştirmede kullanılır. Gelişen teknoloji ile akıllı cihazların çeşitliliği hızlıca artmakta ve rekabet ortamı her geçen gün kızışmaktadır. Cihazların tasarımında, boyutlarında ve iletişim hızlarında ise antenler büyük öneme sahiptir. Akıllı cihazlar, metamalzemelerin anten sistemlerinde kullanıldığı alanlardan sadece biridir. Elektromanyetik metamalzemeler, uydu haberleşme antenlerinde



kullanımı ile fark yaratan bir etkidir. Son yıllarda uydu haberleşme antenlerinin performansını artırmada elektromanyetik metamateryallerin kullanımı bir hayli artmıştır.

Yaşam var olduğu sürece iletişim var olacak, iletişimin ana direği antenler var olacak, anten teknolojileri sürekli en iyiyi hedefleyecektir. Dalga manipülasyonu sağlayan metamalzemeler ise kendisini her alanda geliştirecek, her uygulamada kendisine bir yer ayırtacaktır.





DenizGözü AHTAPOT

Elektro-Optik Keşif, Gözetleme ve Hedefleme Sistemi

Yüksek Performanslı Termal Kamera, Yüksek Performanslı Gündüz Kamerası,
Opsiyonel Lazer Hedef İşaretleyici, Göze Zararsız Lazer Mesafe Ölçer, Düşük
Hata Oranı ve Yüksek Görev Devamlılığı

www.aselsan.com



aselsan

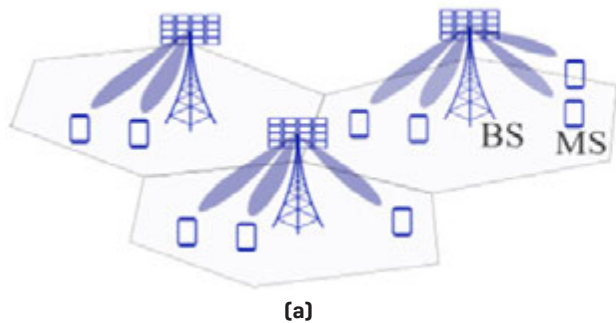
HÜCRE BAĞIMSIZ MIMO HABERLEŞME

Dr. Ali Bulut ÜÇÜNCÜ
Dr. Fırat KARATAŞ

Haberleşme insanlık için tarihin ilk zamanlarından beri çok önemli bir ihtiyaç olmuştur. Bu ihtiyacın sağlanabilmesi için kısa mesafelerde duman, ateş, davul gibi pek çok iptidai araç kullanılmış; uzun mesafelere iletebilmek için de mesajlar köpekler, güvercinler ya da elçiler yoluyla gönderilmiştir. On dokuzuncu yüzyıla kadar haberleşme yöntemleri açısından çok önemli bir gelişme sağlanamamış, Bu yüzyılda elektriksel sinyallerin haberleşme amaçlı kullanımını sağlayan telgraflar mesajların uzak mesafelere çok daha hızlı ve güvenilir şekilde iletebilmesine olanak sağlamıştır. Yirminci yüzyılda ise mesajların elektromanyetik sinyaller ile kablosuz olarak iletebilmesi haberleşme açısından yeni bir çağın kapısını aralamıştır.

HÜCRE-BAĞIMSIZ MIMO YAPISI

Kablosuz ya da mobil haberleşmenin ilk ortaya çıkışından bu yana kullanıcılara servis sağlayan haberleşme altyapısı hücresel bir ağ şeklinde tasarlanmıştır. Bu yapıda, kullanıcılar bulunduğu konuma göre kendisine en yüksek güçte sinyal gönderen baz istasyonu ya da erişim noktasından hizmet almaktadır. Söz konusu haberleşme yapısı Şekil 1a'da gösterilmiştir.

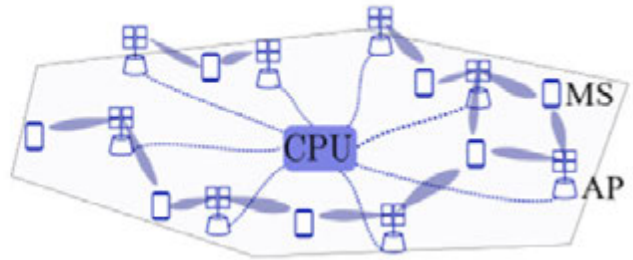


(a)

Şekil 1b'de ise alışlagelmiş hücresel haberleşme ağı yapısından farklı olarak tüm erişim noktalarından alınan sinyaller merkezi bir işlemciye gönderilmektedir. Merkezi işlemcide bütünleşik olarak yapılan sinyal işleme sayesinde, aynı anda ve aynı frekans bandında haberleşme hizmeti sunulabilen kullanıcı sayısı artmaktadır. Bu da özellikle hücre kenarındaki kullanıcıların birden fazla erişim noktası üzerinden daha yüksek hızlı haberleşme hizmeti almasını sağlayabilmektedir.

Hücresel yapılara ilişkin önemli bir problem, hücre kenarındaki kullanıcıların aldıkları sinyal güçlerinin düşük seviyede oluşudur. Bunun sebebi, kullanıcıların aldığı sinyal gücünün baz istasyonu ile aralarındaki mesafe ile üssel –en az karesel– şekilde düşmesidir. Bu yüzden hücre merkezindeki bir kullanıcı ile hücre kenarındaki bir kullanıcının aldığı sinyaller arasında en az 40 dB'lik [10.000 kat] güç farklılıkları oluşabilmektedir.

Alınan sinyalin gücüne dair farklılıklar geçmişte cep telefonlarından sesli arama yapılması için, dolayısıyla kullanıcıların deneyimlediği haberleşme kalitesi açısından, genel olarak ciddi bir sorun oluşturmamaktaydı. Cep telefonlarında alınan



(b)

Şekil 1 – Geleneksel çoklu antenli hücresel haberleşme ağı [a], hücre-bağımsız çok-girdili çok-çıkıtlı (MIMO) Haberleşme Ağı [b].

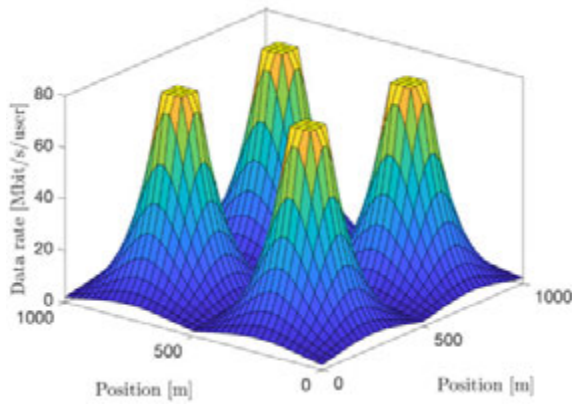
sinyal seviyeleri, sadece sesle gerçekleştirilen konuşmanın gerektirdiği 10-100 kbit/sn'lik veri hızını sağlayabildiği sürece alınan sinyal gücünün herhangi bir önemi yoktu. Sesle haberleşmenin ötesinde, mobil haberleşmenin günümüzde herkes tarafından kullanılan diğer servisleri (internet, e-posta, fotoğraf/video indirme/yükleme) ele alındığında; kullanıcı tarafından alınan sinyalin daha güçlü olması veri iletim hızını doğrudan etkileyen faktörlerdendir. Örneğin, hücre merkezindeki bir kullanıcı 80 Mbit/sn'lik veri hızına erişebilirken, hücre merkezine uzak bir kullanıcı için veri hızı 1 Mbit/sn'ye düşebilmektedir. Bu yüzden, hücre kenarındaki kullanıcıların daha yüksek güçte sinyal alabilmesi haberleşme kalitesi açısından geçmişe göre daha önemli bir konu haline gelmiştir.

HÜCRE KENARINDA DAHA İYİ HABERLEŞME BAŞARIMI İÇİN ÇÖZÜM KİTLESEL-MIMO MU?

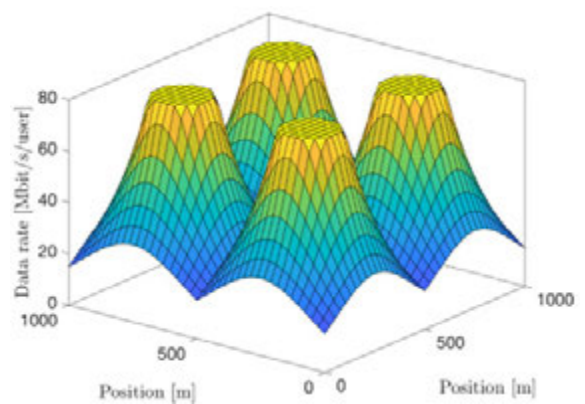
Hücre kenarındaki sinyal gücünü artırabilmek için hücre merkezinde bulunan baz istasyonundaki anten sayısını artırarak elde edilen huzme yönlendirebilme kabiliyetleri ile hücre kenarındaki kullanıcılara daha yüksek sinyal gücü sağlayabilmek mümkündür. Bir baz istasyonu ya da erişim noktasında çok fazla sayıda antenin kullanıldığı yapılar ile birden fazla kullanıcıya haberleşme hizmeti sağlanan yapılar "kitlesel MIMO" olarak anılmaktadır.

Bu duruma örnek olarak dört adet hücrenin bulunduğu bir senaryo için her bir baz istasyonunda 9 dBi kazançlı tek anten bulunduğu [Şekil 2(a)] ve 64 adet yönsüz antenin bulunduğu durumlarda [Şekil 2(b)] pozisyona bağlı olarak elde edilen veri hızlarına ilişkin grafikler Şekil 2'deki gibi olmaktadır.

Şekil 2a'da görülebileceği üzere her biri tek antene sahip dört farklı erişim noktasının (veya baz istasyonunun) bulunduğu dört ayrı hücre için kullanıcılara sağlanan veri hızı, hücre merkezinde 80 Mbit/sn iken, hücre kenarında çok daha düşük seviyelere [yaklaşık 1 Mbit/sn] düşebilmektedir. Aynı sayıda erişim noktasında çoklu anten kullanıldığı Şekil 2b'deki durumda hücre merkezinde 80 Mbit/sn elde edilirken, hücre kenarında bu değer yaklaşık 15 Mbit/sn gibi değerlere düşebilmektedir. Bu durum, erişim noktaları ya da baz istasyonlarında çoklu anten kullanıldığı senaryolarda hücre kenarındaki kullanıcıların aldığı haberleşme kalitesinde önemli ölçüde artış olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, çoklu anten kullanımı ile hücre kenarındaki kullanıcılara sağlanabilen veri hızları artsa da hücre merkezine yakın kullanıcılara sağlanabilen veri hızları düşünüldüğünde görece düşük kalabilmektedir.



(a) Dört baz istasyonunun her birinde 9dBi'lik tek antenin bulunduğu durum



(b) Dört baz istasyonunun her birinde 64 adet yönsüz antenin bulunduğu durum

Şekil 2 – Tek antenli 4 erişim noktası veya 64 antenli 4 erişim noktası ile sağlanabilen erişim hızları

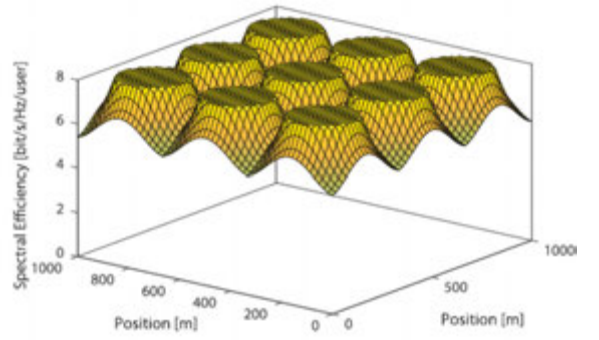
HÜCRE-BAĞIMSIZ MIMO İLE HER NOKTADA İYİ HABERLEŞME DENEYİMİ

Kullanıcıların bulunduğu her bölgede deneyimlediği haberleşme kalitesine dair farklılıkların azaltılması için son yıllarda hücre bağımsız MIMO yapıları literatürde yüksek ilgi uyandırmıştır. 1 km²'lik alanda dokuz adet erişim noktası bulunan senaryoda hücresel ve hücre-bağımsız yapı için elde edilebilen spektral verimlilik değerleri Şekil 3'teki gibi elde edilmiştir.

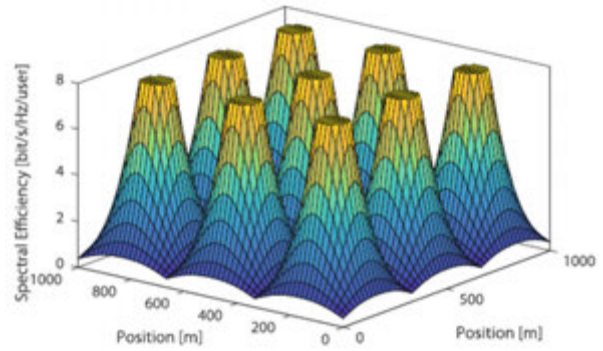
Şekil 3(a)'da görülebileceği üzere dokuz adet erişim noktasının tümünden gelen sinyallerin bütünleşik bir şekilde işlenmesi ile 1 km²'lik alanın tümünde yüksek spektral verimlilik (erişim noktalarına yakın bölgelerde görülen 8 bit/sn/Hz değerine karşılık uzak bölgelerde en düşük 5 bit/sn/Hz) elde edilirken Şekil 3(b)'deki klasik hücresel yapıda hücre kenarlarına yaklaştıkça spektral verimlilikte önemli ölçüde (yaklaşık sekiz kat) azalma görülmektedir.

HÜCRE-BAĞIMSIZ MIMO YAPILARINDA ANTEN SAYISI SEÇİMİ

Hücre bağımsız MIMO yapılarında karşılaşılan önemli sorunlardan biri, klasik hücresel yapıdaki kitlesel MIMO sistemlerinin aksine, anten sayısının artışı ile haberleşme sisteminin enerji verimliliğinin sürekli olarak artmamasıdır. Bu durumun sebeplerinden biri, anten sayısının artışı ile antenler ve taban-bant ünitesi (base-band unit, Şekil 1b'de "CPU" olarak adlandırılan) arasındaki ön plan bağlantı (fronthaul) bağlantı sayısının ve buna bağlı olarak fronthaul iletişimi için gereken güç tüketiminin artmasıdır. Bununla birlikte anten sayısı artırıldığında, yeni eklenen bazı antenlerin bazı kullanıcılara çok uzak kalmasından ötürü sistemin enerji verimliliğini artırıcı etkilerinin sınırlı kalmasıdır. Bu sebeplerden ötürü hücre-bağımsız MIMO yapılarında, enerji verimliliği toplam anten sayısı ile önce artıp sonra azalmaktadır. Şekil 4'te hücre-bağımsız MIMO yapısı için kullanılan enerji başına iletilen bit sayısına (Enerji verimliliği birimi: Mbit/Joule) karşılık toplam anten ya da erişim noktası sayısı eğrileri farklı kullanıcı sayıları (K) için elde edilmiştir.



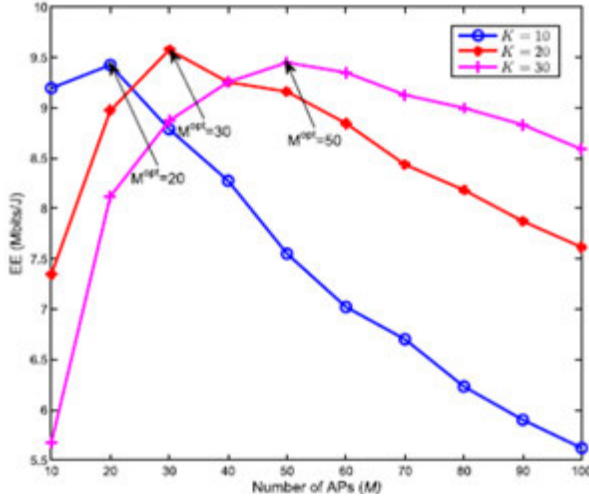
(a)



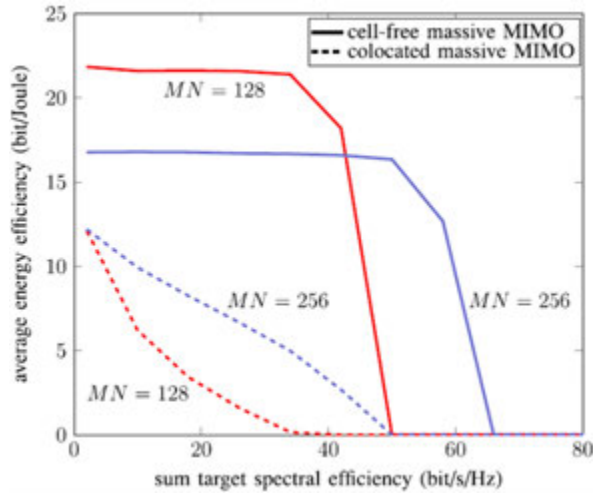
(b)

Şekil 3 – Her biri tek antene sahip 9 erişim noktası için hücre-bağımsız (a) veya hücresel yapı (b)

Şekil 4'te görülebileceği üzere tüm eğrilerde enerji verimliliği önce artmakta; daha sonra fronthaul haberleşme için harcanan enerji artışına karşın kullanıcılara uzak olan antenlerin spektral verimliliği sınırlı düzeyde artırmasından ötürü tüm sistemin enerji verimliliğinde azalma görülmektedir. Dolayısıyla belirli bir alanda haberleşme hizmeti alacak kullanıcı sayısına göre anten sayısının en uygun değerinde seçimi hücre bağımsız MIMO yapıları için önem arz etmektedir. Bununla birlikte kullanıcı sayısına göre anten sayısının fazla olduğu durumlarda sadece kullanıcılara yakın olan erişim noktaları ya da antenlerin çalıştırılıp diğer antenlerin kullanılmaması gibi çözümler de uygulanabilir.



Şekil 4 – Hücre-bağımsız MIMO yapısında elde edilen enerji verimliliğine [Mbit/Joule] karşılık kullanılan erişim noktası ya da anten sayısı



Şekil 5 – Hücresel (co-located) ve hücre-bağımsız (cell-free) MIMO yapısında elde edilen enerji verimliliğine karşılık hedeflenen toplam spektral verimlilik

HÜCRESEL YAPIDAKİ KİTLESEL MIMO'YA GÖRE 10 KATA VARAN ENERJİ VERİMLİLİĞİ

Hücre bağımsız-MIMO yapılarının hücresel yapılara göre sağladığı önemli avantajlardan biri, erişim noktalarının ya da antenlerin kullanıcılara daha yakın bölgelere gelişi ile haberleşmedeki enerji verimliliğinin önemli düzeyde artmasıdır. Bununla birlikte, tüm antenlerin çok daha geniş bir alana yayılması sayesinde gölgeleme etkileri azaltılabilmekte, aynı zamanda çeşitleme (diversity) kazancı sağlanabilmektedir. Uygun güç kontrol algoritmalarının çalıştırılması ile elde edilebilecek enerji verimliliğine karşılık hedeflenen toplam spektral verimlilik eğrileri hücresel ve hücre-bağımsız kitlesel MIMO yapıları için Şekil 5'teki gibi elde edilmiştir.

Şekil 5'te M erişim noktası sayısını ve N ise erişim noktası başına kullanılan anten sayısını ifade etmektedir. Örneğin, hücresel yapıdaki kitlesel MIMO için M=1 olmaktadır. Dolayısıyla sistemde kullanılan toplam anten sayısı [MN] sabit tutularak adil bir karşılaştırma zemini sağlanmaya çalışılmaktadır. Şekil 5'te görüleceği üzere hedeflenen spektral verimlilik değeri 25 seçildiğinde MN=128 olduğu durumda ortalama enerji verimliliği açısından yaklaşık on kat iyileşme görülebilmektedir.

HÜCRE-BAĞIMSIZ MIMO YAPILARIN KURULUMUNA DAİR PRATİK YÖNTEMLER

Hücre bağımsız MIMO yapılarının geniş bir coğrafi alana kurulumu, her bir erişim noktası veya anten için kablolu gerektirebileceği için tüm antenlerin bir arada bulunduğu kitlesel MIMO yapılarına göre daha fazla zorluk içermektedir. Maliyet etkin bir çözüm, her bir antene ayrı bir kablo çekmek yerine tek bir kablo hattı üzerinden erişim noktası ya da antenlere bağlantı yapılmasıdır. Bu tip bir yapı için pratikte kolay bir kurulum sağlayabilecek radyo-şeritleri kullanılabilir. Bu şeritler yapılandırılabilir ve esnek bir bant üzerine, anten ünitelerinin birbirleri ile aldıkları verileri paylaşım senkronizasyon sağlayabileceği ortak bir veri yolu bulunduran bir yapıdadır. Şekil 6'da söz konusu radyo şeritlerinin farklı birçok ortama herhangi bir görüntü kirliliği yaratmadan kolaylıkla yerleştirilebildiği olası senaryolar gösterilmektedir.

Şekil 6'da görülebileceği üzere radyo-şeritleri (beyaz çizgi ile gösterilen) hücre-bağımsız MIMO yapısının kolaylıkla ve herhangi bir görüntü kirliliği yaratmadan uygulanabilmesi için pratik bir çözüm oluşturmaktadır. Sözü geçen radyo-şeridi yapısı, kitlesel MIMO baz istasyonlarında kullanılan yıldız topolojisinde her bir anten ile taban-bant işlemci ünitesi arasında ayrı bir kablolama ihtiyacını da ortadan kaldırmaktadır. Aynı yapı için anten elemanlarının (Şekil 6'da beyaz noktalar ile gösterilen) düşük taşıyıcı frekansları için kitlesel MIMO olarak kullanımı da mümkün olabilmektedir.

Özetle, hücre-bağımsız MIMO yapıları klasik hücresel yapılara göre aşağıdaki avantajları sağlamaktadır:

1. Yüksek enerji verimliliği ve bunun sonucunda daha yüksek veri hızı,
2. Her bölgede yüksek kalitede haberleşme,
3. Radyo-şeridi türü yapılar ile düşük kurulum maliyeti,
4. Tüm antenlerin sınırlı bir alanda toplanmayıp geniş bir alana yayılması ile yüksek makro-çeşitleme (diversity) sağlanması ve gölgeleme etkilerine karşı gürbüzlük.

Hücre-bağımsız MIMO'nun gelecekteki haberleşme sistemlerinde veri hızı ve spektral verimliliğin daha da yüksek düzeylere çıkarılmasını sağlayabilecek bir yapı olarak kullanımı ve yaygınlaşması olası görünmektedir.



Şekil 6 – Hücre-bağımsız MIMO için pratik bir uygulama: Radyo-Şeritleri



GRC-5220

Taktik Genişband Ethernet Radyo Ailesi

GRC-5220, taktik sahada emniyetli ve güvenilir haberleşme imkânı sağlayan, OFDMA tabanlı, yüksek kapasiteli bir ethernet radyodur. GRC-5220 radyosu ile, yüksek veri hızlarını elde edilebilmek ve iletişim kanalı değişimlerine karşı dayanıklılık için, 2x2 Çok Girdili Çok Çıktılı (MIMO) teknolojisi desteklenmektedir.

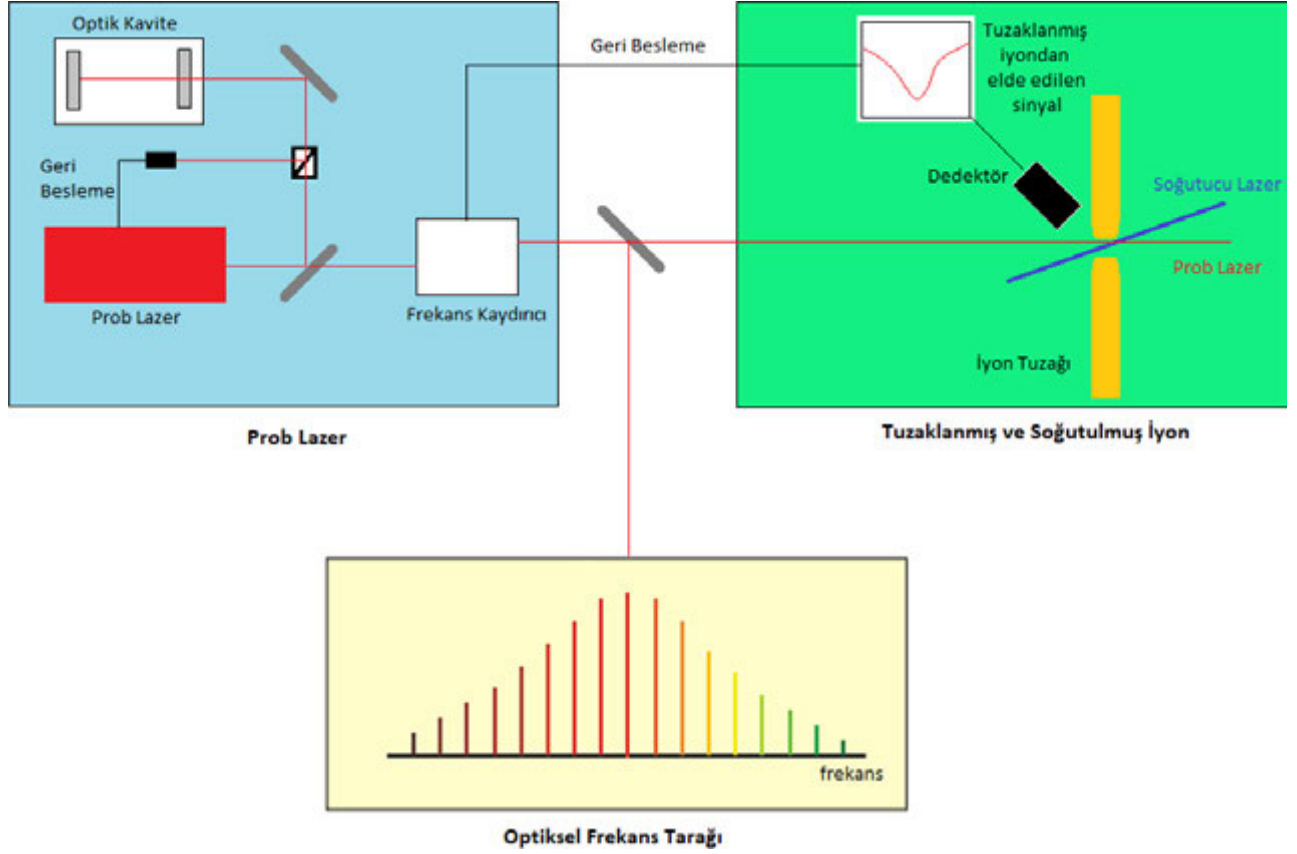
www.aselsan.com



aselsan

TAM ZAMANI: OPTİK ATOMİK SAAT





Şekil 1 – Tipik bir optik atomik saatin bileşenleri

Dr. Süleyman Umut EKER

Zaman kavramı, tarih boyunca felsefenin ilgi alanlarından biri olmasının yanı sıra matematik ve fizik çalışmalarının da önemli alanlarından biridir. Zamanın tarifi konusunda halen tartışmalar devam etse de zamanın ölçümü konusunda tüm dünyada fikir birliği mevcuttur. Zaman tekrar eden ve bilinen iki değişim arasındaki sürenin sayılması ile ölçülmektedir.

Zamanı kesin olarak bilmek sadece doktor randevunuza zamanında gitmek veya sevdiğiniz bir televizyon programını kaçırmamanızı sağlamaz. GPS veya internet gibi günümüzün modern teknolojileri yüksek doğrulukta saatler olmadan mümkün olamazdı.

1879 yılında Thomson ve Tait yazdıkları bir kitapta "Sodyum parçacığının titreşim modlarından herhangi birine karşılık gelen titreşim zamanının, evrendeki konumundan kesinlikle bağımsız olduğu bilinmektedir ve parçacığın kendisi var olduğu sürece muhtemelen aynı kalacaktır" ifadesini kullanmışlardır. Bu ifade aslında atomların zamanı ölçmek için kullanılabileceği gerçeğini ortaya koymaktadır. 1955 yılında Essen ve Parry, sezyum atomunu kullanarak ilk defa atomik frekans ve zamanı ölçmeyi başarmışlardır. 1967 yılından itibaren ise uluslararası standartlarda saniye sezyum atomunun iki enerji durumu arasında 9.192.631.770 kere salınması için geçen süre olarak adlandırılmaktadır.

Sezyum atomlarda kullanılan osilatörler mikrodalga bölgesinde çalışmaktadır ve günümüzde en yüksek performanslı atomik saatlerdeki belirsizlik 10^{-15} mertebesinde. Optik atomik saatlerde kullanılan

osilatör frekansları ise on bin kat daha yüksektir. Bu nedenle optik atomik saatler sezüm tabanlı atomik saatlere göre yaklaşık yüz kat daha yüksek doğruluğa erişebilmektedir ki bu da yaklaşık otuz milyar yılda bir saniyelik hataya sebep olmaktadır.

Optik atomik saatler yüksek kararlılıkta prob lazer, prob lazer frekansı ile uyumlu tuzaklanmış ve soğutulmuş bir iyon ve optiksel frekans tarağı olmak üzere üç temel bileşenden oluşmaktadır. Tipik bir optik atomik saat bileşenleri Şekil 1'de gösterilmiştir.

Yüksek doğrulukta zaman ölçümü için optik atomik saati oluşturan bileşenlerin tamamının çok yüksek performansta çalışması gerekmektedir. Tuzaklanmış ve soğutulmuş iyonlardaki elektron geçişlerinin çizgi genişliği (ing. linewidth) değerleri 1 Hz mertebelerindedir. Bu kadar dar çizgi genişliğine sahip geçişleri probalayabilmek için yine 1 Hz veya daha dar çizgi genişliğine sahip lazerler kullanılması gerekmektedir. Konvansiyonel lazerlerin çizgi genişliklerinin onlarca KHz mertebesinde olduğu düşünülünce 1 Hz veya daha dar bir çizgi genişliğine sahip prob lazer ışınlarının üretilmesinin zorlukları daha belirgin bir hal almaktadır.

1989 yılında Nobel Fizik Ödülünü Dehmelt, Paul ve Ramsey'a kazandıran iyon tuzaklama tekniği hassas spektroskopi uygulamaları için önemli bir adım olmuştur. Paul tuzaklarında zamanla değişen dört kutuplu elektrik potansiyeli ile Coulomb güçleri

ile iyonların eylemsizlikleri arasında bir denge kurularak, iyonların tuzaklanması sağlanmaktadır. 1997 yılında Nobel Fizik Ödülünü Steven Chu, Claude Cohen-Tannoudji ve William D. Phillips'e kazandıran metot ile tuzaklanan iyonlar lazerle uyarılarak birkaç mikro Kelvin sıcaklığa kadar soğutulmaktadır. Bu işlem için uygun bir dalga boyunda lazer kullanılarak iyonize atomun momentumu dolayısı ile hızı dolayısı ile de sıcaklığı mutlak sifıra yaklaştırılmaktadır. Böylelikle iyonize atom içerisindeki elektronların enerji durumları arasındaki geçişleri ölçülebilir seviyeye gelmektedir.

Bu geçişler saniyede milyarlarca kez gerçekleşmektedir ve bu geçişlerin sayılabilmesi için geliştirilen optiksel frekans tarakları da 2005 yılında John Hall ve Theodor Hänsch'e Nobel Fizik Ödülü kazandırmıştır. Optiksel frekans tarakları, optik frekansları mikrodalga frekanslarına indirgeyerek bu nicelikleri mevcut ölçüm sistemleri ile ölçülebilir hale getirmektedir.

İnsanoğlu medeniyetin başladığı dönemden bu yana zamanı ölçmek için sürekli bir yöntem geliştirmeye çalışmıştır. İlk başlarda yağmur veya karın yağacağı, havanın sıcak veya soğuk olacağı aralıklarla zaman tahmini hayatın devamı için yeterliyken, günümüz teknolojisi zamanın çok yüksek doğrulukta bilinmesini gerektirmektedir ve fotonik ve fizik bilimlerindeki gelişmeler ile zamanı kesin doğrulukta ölçmeye her geçen gün daha da yaklaşılmaktadır.



TURKAY 6565

Dağıtım/Uç Milli Yönlendirici

Dağıtım/Uç Milli Yönlendirici, 32 GBitps'e kadar çıkan anahtarlama hızıyla hem IPv4 hem de IPv6 uyumlu IP paketlerini OSPF ve BGP protokolleri ile yönlendirebilmektedir. Statik Yönlendirme ve UCMR yeteneğine sahip olan Milli Yönlendirici; IGMP, PIM, DHCP, DNS, IPsec ve IKE gibi birçok tamamlayıcı protokol desteğini de sunmaktadır.

www.aselsan.com



aselsan

AR-GE'NİN BİLİNMEZLİKLERİ İÇİNDE PROJE YÖNETİMİ

Ayça ÇEKİÇ

Hatice DOYDUK

Gökçe KURALAY ÖNOL

Her alanda tüm gelişmelerin çok hızlı yaşandığı ve dijitalleştiği dünyamızda, öncü ve özgün çalışmalar gerçekleştirerek hızlı değişen pazar ihtiyaçlarını rakiplerinden erken karşılayabilen firmalar ayakta kalmayı başarabilmektedir. Rekabet avantajını sağlamanın kilit anahtarı ise geleceğin teknolojik ihtiyaçlarını öngörerek bunun için gerekli Ar-Ge faaliyetlerini ve ilgili altyapı yatırımlarını zamanında gerçekleştirmektir. Tehditlerin her yönden beklendiği ve savunma ihtiyaçlarının buna paralel olarak sürekli değişkenlik gösterdiği savunma sanayiinde de Ar-Ge projeleri, gerek ticari gerek ulusal menfaatler üzerindeki yüksek etkisi açısından hem şirketlerin hem de ülkelerin en çok harcama yaptığı yatırım kalemlerindendir.

Ar-Ge projelerinin günlük hayatta uygulamasına bakıldığında temel araştırma faaliyetleri ağırlıklı olarak üniversitelerde akademisyenler ve araştırma merkezleri ile gerçekleştirilirken, ticarileşme ve ürün geliştirme faaliyetleri kâr amacıyla çalışan şirketler tarafından gerçekleştirilmektedir. Şirketler araştırma ihtiyaçlarını ağırlıklı olarak üniversiteler ile gerçekleştirdikleri iş birlikleri veya hizmet alımları vasıtasıyla sağlamaktadır. Ancak Ar-Ge alanında dünyanın lider kuruluşları, üniversite ve diğer Ar-Ge firmalarıyla gerçekleştirdikleri iş birliklerinin yanı sıra araştırma faaliyetlerini kendi bünyelerinde kurdukları araştırma merkezlerinde çalışan nitelikli bilim insanları ve mühendislerden/uzmanlardan oluşan ekiplerle gerçekleştirmekte ve işlerini şansa bırakmamaktadırlar.

Bu fonksiyon ASELSAN'da Ar-Ge Yönetimi Genel Müdür Yardımcılığında yer alan ASELSAN Araştırma Merkezi aracılığıyla yerine getirilmektedir. Geleceğin kritik teknolojileri ve Sektör Başkanlıklarının ihtiyaçları doğrultusunda belirlenen bilimsel çalışmalar sayesinde, ürün geliştirme çalışmalarının önünü açacak ve rekabet avantajı sağlayacak yüksek teknoloji gerektiren temel ve uygulamalı araştırma

projeleri yürütülmekte ve proje çıktıları ilgili Sektör Başkanlıklarına devredilmektedir.

Günümüzde Ar-Ge'nin tartışmasız önemiyle birlikte asıl fark yaratan, Ar-Ge projelerinin nasıl etkili ve verimli yönetildiğidir. Proje kavramı, özgün bir ürün ve/veya hizmet üretmek üzere; belirli bir başlangıç ve bitiş olan bir plan, bütçe ve varsa sözleşme ve/veya şartname çerçevesinde yürütülen faaliyetler bütünü olarak tanımlanmaktadır. Seri üretimi yapılabilen bir ürün satışı ya da bir inşaat yapımı gibi projeler için bu tanıma uygun proje yönetim faaliyetlerinin yürütülmesi ve süreçlerinin uygulanması oldukça nettir. Ar-Ge projelerinde ise, projenin değişime açık doğası gereği öngörülemez riskler nedeniyle daha bilinmez bir tabiata sahip olması, çalışanların yeteneklerine bağlı olma zorunluluğu, ileri düzey teknolojik yetkinlik ihtiyaçları gibi nedenlerle, geleneksel proje yönetimi süreçlerinin Ar-Ge projelerinde çok kolaylıkla izlenemediği veya tarif edilen süreçlerin hiç yaşanmadığı veya tekrar tekrar yaşanmak zorunda kalındığı görülebilmektedir. Ancak bu durum Ar-Ge projelerinde proje yönetimi ilkelerinin uygulanmasına gerek olmadığı şeklinde algılanmamalıdır. Aksine, Ar-Ge projelerinin ihtiyaçlarına göre uyarlanmış ve etkili bir şekilde izlenebilir proje yönetimi yaklaşımı Ar-Ge'nin bilinmezlik ve risklerle dolu dünyasında başarının anahtarlarından olacaktır.



Ar-Ge projelerine yönelik çeşitli proje yönetimi yaklaşımları önerilmektedir. Bu yaklaşımlar içinde yeni ürün tasarımı için önerilen "stage-gate" yöntemi ön plana çıkan yaklaşımlardandır. Bu yöntemi, yeni ürün çıkaran ve bu konuda öncü olan birçok firma kullanmaktadır. Bu yönetim anlayışında tasarlanacak yeni ürün için en az beş aşamada (stage) mutabakat sağlanarak aşamalı olarak son ürün tasarımı oluşturulur. Her aşamanın sonunda bir toplantı (gate) yapılarak "devam et" veya "sonlandır" kararı alınarak ya bir sonraki aşamaya geçilir ya da proje orada sonlandırılır. Stage-gate metodu ile yürütülen çalışmalarda, her aşama sonunda yapılan toplantı ile o ana kadar yapılan çalışmalar ve bu çalışmaların hedefe ne kadar uyumlu olduğu değerlendirilir. Hatta her aşamada yapılan paralel çalışmalarla (alternatifler) ilgili olarak, uygun bulunan çalışma için "devam", diğerleri için "sonlandır" kararı bu toplantılarda alınır. Böylece hem yanlış yolda ilerleme riski azaltılır hem de gelecek dönemde maliyet yaratma ihtimali olan durumların önüne geçilmesini mümkün kılar.

Değişiklik ihtiyacının günlük olarak yaşandığı ve küçük ekiplere sahip projelerde ise Çevik (Agile) yaklaşımlar 1990'lardan itibaren gittikçe daha çok tercih edilmeye başlanmıştır. Örneğin Agile metodoloji uygulamalarından biri olan ve küçük takımlarda uygulanması kolay olan Scrum yönteminde, ihtiyaç duyulan değişiklikler proje süreci boyunca kolayca uygulanabilir ve projede izlenmesi gereken adımlar belirtilmez. Projenin mevcut durumu ve ilerlemesi sürekli ve açık bir şekilde gösterilir, böylelikle aksayan noktalar rahatça açığa çıkarılır. Proje yönetim ekibi, projenin gelişimi önünde duran tüm engelleri hızlıca çözümlenerek projede iyileştirme yapar. Yazılım projelerinde tekrar imkanının olabildiği ve değişiklik maliyetinin görece daha az olması sayesinde, Agile ve Scrum proje yönetim metodolojileri yüksek verimlilik ve hızlı sonuç elde edilmesinde büyük rol oynayabilmektedir.

Yazılım dışı projelerde ise (örneğin donanım geliştirme projeleri) daha hibrit bir yapının benimsenmesi, değişiklik maliyetinin azaltılmasını sağlayacaktır ve son çıktının müşteri tarafından beğenilmemesi veya kullanılmaz duruma gelmesi riskine yönelik koruyucu olacaktır. Bu noktada artımlı geliştirme (incremental development) yöntemi tercih edilebilmektedir. Artımlı geliştirme, sistem işlevselliğini artışlara bölmektedir. Her bir artış bir fonksiyonel kazanım dilimine karşılık gelmektedir. Değişiklik ihtiyacının çok olduğu ancak kalabalık ekipler tarafından yürütülen ve çok paydaşlı projelerde ise, çevik yöntemlere şelale yöntemi de dahil edilerek benzer şekilde hibrit bir yaklaşım benimsenebilmektedir.

Ar-Ge projelerinde ihtiyaca uygun proje yönetim metotları uygulamanın yanı sıra proje paydaşları arasında etkili iletişim ve değişim yönetimi de kritik öneme sahiptir. Çoğu işletmede bir yöneticinin temel yaklaşımı işletmeye para kazandırmak ve kar elde etmek iken; araştırmacılar, araştırma projelerinin uzun vadeli başarılarına, araştırma sonuçlarının insanlığa ve topluma katkılarına odaklanmaktadır. Değişik becerilere sahip nitelikli çalışanların bir amaç doğrultusunda ve ekip bilinci ile iş birliği içinde çalışabilmesi, teknolojik kaynakların bütünleşik bir şekilde kullanılması ve teknik anlamda oldukça yetkin olan iş gücünün farklı ve yenilikçi bir yönetim anlayışı ile yönetilmesi Ar-Ge projelerinin başarısını etkilemektedir.

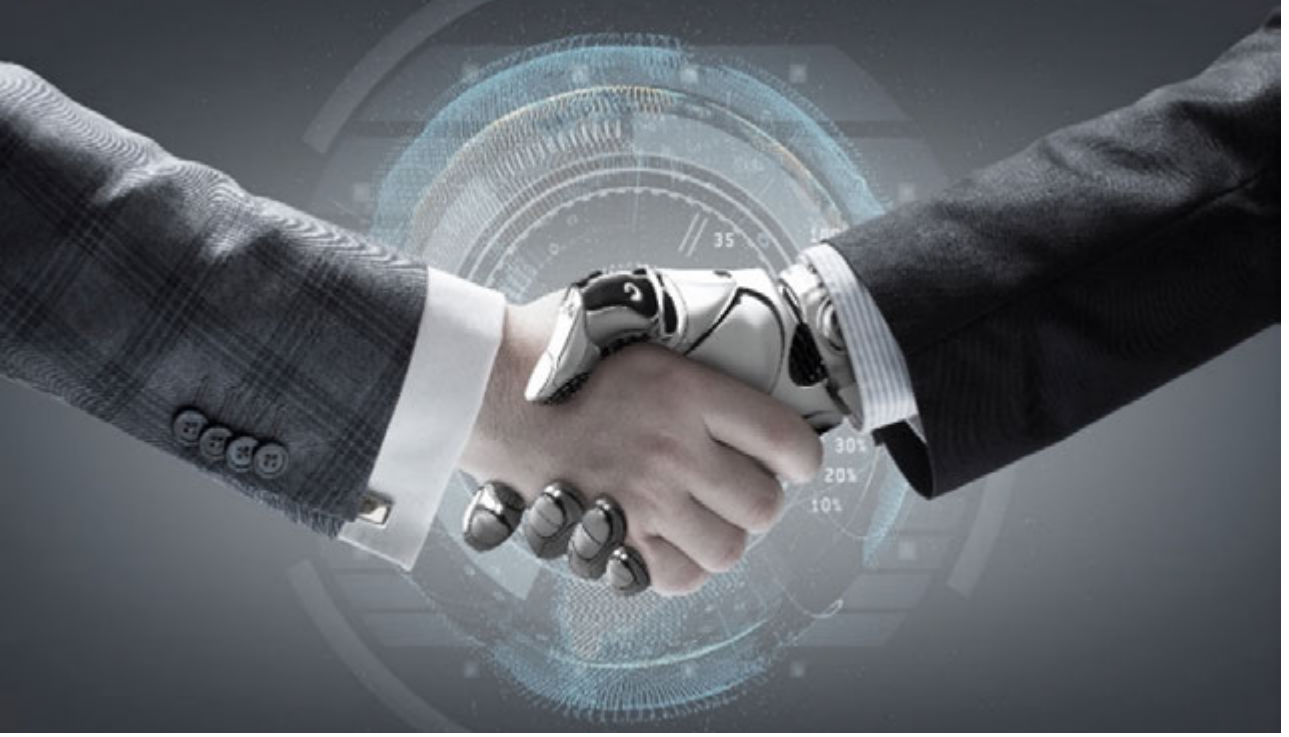
Ayrıca Ar-Ge projelerinin performansı değerlendirilirken maliyet ve takvim uyumu gibi performans metriklerinin yanı sıra patent, akademik yayın gibi fikri haklar ile üniversite/Ar-Ge firmaları ile gerçekleştirilen iş birlikleri benzeri göstergelerin ön plana çıkabileceği ve koşullara göre bu göstergelerin daha yüksek ağırlıklara sahip olmasının anlamlı olabileceği unutulmamalıdır.

ASELSAN Ar-Ge Yönetimi Genel Müdür Yardımcılığı olarak ASELSAN'ın sürdürülebilir büyümesi, kritik teknolojilerin milli imkânlarla geliştirilmesi ve çığır açıcı öncü teknolojilerin kazanılarak savunma sanayiinde rekabet gücümüzün artırılması için, birbirinden farklı nitelikte Ar-Ge projeleri tarafımızca yürütülmektedir. Söz konusu Ar-Ge projelerinin doğası, bilinmezlikleri, hedefleri irdelenerek ve dünyadaki en güncel proje yönetim metodolojileri uygulanarak, projelerin başarıya ulaşması sağlanmaktadır. Kurulduğundan bugüne temel misyonu, yapılamayana yapmak ve ilklere imza atmak olan ASELSAN'da Ar-Ge yönetimini gerçekleştirmek için durmaksızın çalışılmaktadır.



BİLGİ PAYLAŞTIKÇA ÇOĞALIR

Avni Selim ÖZÇUKURLU



Bilgi çağı, servet yaratmada bilginin öne geçtiği, maddi sermayenin yerini zihinsel sermayenin aldığı yeni dönemi tanımlamak için sıklıkla kullanılan bir terimdir. Zihinsel sermayenin belli bir yere sınırlandırılmayan yapısı, bütün yönetim, toplum ve ekonomik ilişkilerini değiştirmiştir.

Şu an sürecini yaşamakta olduğumuz bilgi çağında, diğer tüm kaynaklar için geçerli olan "azalan verimler yasası" geçerli değildir. Çünkü temel stratejik kaynak haline gelen bilgi, kıt bir kaynak değildir. Aksine artan bilgi birikimi ile verimlilik de artacaktır.

Bilgi toplumunda bilgi stratejik bir kaynak haline gelmiştir. Eğer bir toplum bilgiyi üretir hale gelemezse, büyük harcamalarla ürettiği mal ve hizmetler kısa sürede demode olma riskiyle karşı karşıya kalacaktır. Yeni toplumda bilgiyi yeni ürün ve hizmetlere başarılı şekilde dönüştürenler ile eğitim ve Ar-Ge harcamalarına en çok yatırım yapan işletmeler ve toplumlar başarılı olacaktır.

Ülkemizin 2023 hedefleri ile 2053 ve 2071 vizyonuna ulaşma yolunda, ileri teknoloji katma değerli ürünler üreterek, ekonomik ve teknolojik bağımsızlık kazanma yolunda en önemli hedefimiz sürdürülebilir Ar-Ge ekosisteminin kurulması ve yaşatılmasıdır. Ar-Ge ekosisteminin en önemli üç temel yapıtaşı devlet, sanayi ve üniversitelerdir. Bu üçlü sarmal yapıda, devletin sağladığı güç ile sanayi kuruluşlarının Ar-Ge kapasitelerinin artırılması, üniversite-sanayi iş birliğinin oluşturulması ve üniversiteler bünyesinde beşeri sermayenin geliştirilmesi sağlanacaktır.

ASELSAN Ar-Ge Yönetimi Genel Müdür Yardımcılığı, oluşturulan Ar-Ge ekosisteminde, destek ve yönlendirme yapması, Ar-Ge iş birliği ve bilgi ağının oluşturulması, devlet ve üniversiteler arasında bir köprü görevi üstlenmesi misyonları ile üçlü sarmal yapının merkezinde yer almaktadır. Devletten aldığımız gücü, ASELSAN'ın bilgi ve altyapı yeteneklerini ve üniversitelerin araştırma kapasitesini bir uyum içerisinde çalıştırmak en

temel görevimizdir. Bununla beraber ekosistem içerisinde bulunan başta ASELSAN Sektör Başkanlıkları olmak üzere ülkemizdeki tüm paydaşlarımızı ekosistemin içerisine katarak güç birliğini oluşturmak ve bu sayede çığır açan öncü teknolojilerin ülkemize kazandırılması hedeflenmektedir.

Ar-Ge Yönetimi Genel Müdür Yardımcılığı olarak oluşturduğumuz bu ekosistem sayesinde;

- Oluşturulan iş birliği ağı ile ülkemiz ve dünyada bilgi ağına bağlanması,
- Sahip olunan bilgi birikiminin fikri ve sınai mülkiyet hakları ile korunarak, sabit kıymetlere dönüştürülmesi suretiyle şirket değerinin artırılması,
- Farklı sektör, kurum ve kuruluşlarla paylaşma ve birbirinden öğrenme kültürünün yaygınlaşması,
- Gelecekteki çığır açan teknolojilere (disruptive technologies) ulaşarak, ülkemiz kullanımına sunulması, sağlanacaktır.

Ar-Ge Yönetimi Genel Müdür Yardımcılığı bünyesinde bulunan Araştırma Merkezi Direktörlüğümüz ile yapay zekâdan otonomiye, fotonikten metamateryale, biyosavunmadan kuantum teknolojilerine dünyada çığır açabilecek birçok teknolojiye dokunuyor ve ASELSAN'ımızı ve ülkemizi daha ileriye taşımak için yeni iş birliklerine kapılarımızı açıyoruz

KISA BİR HİKÂYE

Mısır yetiştiren bir çiftçi, her yıl en kaliteli mısır ödülünü almış. Çiftçi, ödül aldığı mısırların tohumlarını da ekmeleri için komşularına dağıtmış. Bunu öğrenen bir gazeteci röportaj yapmak için çiftliğe gelmiş.

Gazeteci çiftçiye sormuş: "Seninle her yıl aynı yarışmaya giren komşularına, kaliteli tohumlarından vermeyi nasıl göze alabiliyorsun?" Çiftçi cevap vermiş: "Yoksa bilmiyor musun? Rüzgâr, olgunlaşan mısırlardan polenleri alır ve tarla tarla dağıtır. Eğer komşularım kalitesiz mısır yetiştirirse çapraz tozlaşma sonucu her geçen yıl ürettiğim mısırın kalitesi düşer. Eğer kaliteli mısır yetiştirmek istiyorsam, komşularıma da kaliteli mısır yetiştirmeleri için yardım etmeliyim".

Hiçbirimiz kazanamayız, hepimiz birden kazanmadıkça...





ŞAHİNGÖZÜ-OD

Elektro-Optik Sensör Sistemi

Yüksek Çözünürlüklü Orta Dalga Kızılötesi Sensör, Renkli Gündüz Kamerası, Termal ve Gündüz Kamerasında Sürekli Zoom Yeteneği, Lazer Mesafe Ölçer, Manyetik Pusula ve GPS Entegre Sistem, Taşınabilir, Dayanıklı ve Kompakt, Uzak Mesafe Tespit/Teşhis/Tanıma.

www.aselsan.com





aselsan

ASELSAN EFES-2022'DE GÖVDE GÖSTERİSİ YAPTI

ASELSAN, geliştirdiği askeri teknolojileri ile EFES-2022 Birleşik Müşterek Fiili Atışlı Arazi Tatbikatında yer aldı. ASELSAN, tatbikat kapsamında Türk savunma sanayisi ürünleri için Savunma Sanayii Başkanlığı koordinasyonunda oluşturulan sergi alanında yer alan standında farklı ihtiyaçlar için geliştirdiği çözümleri sergiledi.

Milli Savunma Bakanımız Hulusi Akar'ın takip ettiği tatbikatı Cumhurbaşkanımız Recep Tayyip Erdoğan da izledi. Cumhurbaşkanı Erdoğan, "Tatbikat programındaki Savunma Sanayi Sergisinde yer alan silahların, araçların ve sistemlerin de ülkemizin bu alanda ulaştığı noktayı gösterdiğine inanıyorum. Savunma sanayinde sahip olduğumuz her türlü imkân ve kabiliyeti dostlarımızla ve müttefiklerimizle paylaşmaktan memnuniyet duyan bir ülkeyiz. Dünyanın siyasi, ekonomik, askeri, sosyal açıdan köklü bir yeniden yapılanma sürecinden geçtiği bir dönemde bu tür iş birlikleri çok daha büyük bir önem kazanmaktadır. Türkiye, terör örgütleriyle ve düzensiz göçle mücadele gibi dünyanın en kritik sınamalarını başarıyla vermeyi sürdürüyor. Bunun yanında Kafkaslardan Afrika'ya, Karadeniz'den Akdeniz'e kadar her yerde barışın, istikrarın, güvenliğin tesisi konusunda kimsenin inkâr edemeyeceği gayretler sarf ediyoruz" diye konuştu.

Sergi alanında Cumhurbaşkanımız Erdoğan'a bilgi veren ASELSAN Yönetim Kurulu Başkanı ve Genel Müdürü Prof. Dr. Haluk Görgün, EFES'in Avrupa'nın en büyük tatbikatlarından biri olduğunu vurguladı. Görgün, "Bu tip fırsatlar çok önem verdiğimiz, titiz çalıştığımız ve gururla yerimizi aldığımız etkinlikler oluyor. Yerli-milli ürünlerimizin sayısı arttıkça, bunların tatbikatlarda ve sahada kullanımlarını gördükçe de memnuniyet duyuyoruz. Burada da çok farklı alanlardaki ürünlerimizi sergiledik" dedi.





UNIVERSITI PUTRA MALAYSIA HEYETİ ASELSAN AR-GE FAALİYETLERİ HAKKINDA BİLGİ ALDI

Universiti Putra Malaysia (UPM) Üniversitesi yetkilileri potansiyel Ar-Ge iş birliklerini görüşmek amacıyla ASELSAN tesislerine ziyaret gerçekleştirdi.

Ziyaret esnasında fotonik, sensör, biyosavunma ve yapay zekâ teknolojileri başta olmak üzere, öncü teknolojiler [Disruptive Technologies] hakkında bilgilendirici bir sunum yapıldı. Toplantı sonrasında üretim holünde yer alan ASELSAN ürün ve sistemleri hakkında bilgi verildi.

Universiti Putra Malaysia (UPM) altyapısının güçlü olduğu ve ASELSAN Ar-Ge faaliyetlerine yönelik konularda çalışmaları olduğu öğrenildi. Ortak çalışılabilecek konu başlıkları karşılıklı olarak değerlendirilerek, potansiyel iş birlikleri için görüşmelere devam edilmesi kararlaştırıldı.



AR-GE YÖNETİMİ GENEL MÜDÜR YARDIMCILIĞI, SABANCI ÜNİVERSİTESİ TEKNOLOJİ ÇALIŞTAYINDA



Ar-Ge Yönetimi Genel Müdür Yardımcılığı, Sabancı Üniversitesinde proje geliştirme amaçlı gerçekleştirilen Teknoloji Çalıştayına katıldı. Muhtemel öz kaynaklı Ar-Ge projeleri konusunda değerlendirmelerin yapıldığı çalıştayda birçok farklı teknoloji alanında fikir ve bilgi paylaşımları gerçekleştirildi.

Biyosavunma, sensörler ve görüntüleme, yapay zekâ ve bilişim, fotonik, ileri malzeme ile otonomi ve mekatronik teknolojileri ana başlıkları altında Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi ile Tümlleştirilmiş Üretim Teknolojileri Araştırma ve Uygulama Merkezi (TÜMER) ve dokuz laboratuvar yerinde incelendi.

Otuzdan fazla akademisyenle bir araya gelinen çalıştay kapsamında; Yapay Zekâ, Doğal Dil İşleme, Bilgisayarlı Görme ve Makine Öğrenmesi, Uygulamalı Makine Öğrenmesi, Veri Bilimi, Veri Madenciliği, Karmaşık Sistemler, Kuantum Aygıtlar, Kuantum Ölçüm Sistemleri ve Hızlı Sinyal Toplama/İşleme, Siber Güvenlik, Şifreleme ve İletişim Güvenliği, Blok-Zincir Teknolojileri ve Kriptografi, İnsan-Makina Etkileşimi, Yeni Nesil Mikro Isı Alıcıları ve Transferi



Konularındaki Çalışmalar, Mikro-Akışkan Sistemler, Polimerler ve Grafen Uygulamaları, SÜ Mikro/Nano Fabrikasyon Altyapısı ve Yetkinlikleri, Süperiletken Teknolojileri konuları, yetkin bilim insanlarıyla birlikte ele alındı.

Çalıştayın ikinci aşamasında, Ar-Ge Yönetimi Genel Müdür Yardımcılığı ve Sabancı Üniversitesi arasında çalışma odak grupları oluşturulması kararlaştırıldı.

GENÇLERİN GÖZDESİ YİNE ASELSAN

ASELSAN, Türkiye'nin En Gözde 100 Şirketi sıralamasında bu yıl da üçüncü sırada yer aldı. ASELSAN, araştırmada yeni bir başlık olan Genç Profesyonellerin En Gözde Şirketleri arasında da dördüncü sıraya yerleşti.

Realta Danışmanlık ve 3İK Marka İletişimi Ajansı tarafından ortak yürütülen En Gözde Şirketler Araştırması, üniversite öğrencileri ve genç profesyonellerin en çok çalışmak istedikleri şirketler ve sebeplerini belirledi. Bu yıl on dördüncüsü yapılan araştırma kapsamında 76 bini aşkın üniversite öğrencisi ve 25 bine yakın genç profesyonelin görüşü alındı. ASELSAN, araştırmada değerlendirilen 250 şirketin arasından sıyrılarak bu yıl da yerini korudu.

"GENÇLERİMİZİN İLK ADRESİ OLMAYA DEVAM EDECEĞİZ"

ASELSAN Yönetim Kurulu Başkanı ve Genel Müdürü Prof. Dr. Haluk Görgün, ülkemizin geleceğine yatırım yaparak 2021 yılında ASELSAN ailesine 1.779 genç ve başarılı beyin kattıklarını söyledi. Prof. Dr. Haluk Görgün, şöyle devam etti:

"ASELSAN, çalışanlarına sağladığı güçlü yan haklar ve ücretlendirme politikaları ile Türkiye'nin en çok tercih edilen savunma sanayi şirketi konumunda bulunuyor. Ayrıca gençlerimiz, eğitim gördükleri alanda dünya ile rekabet eden yüksek teknoloji ürünlerini geliştirmesinde görev almaktan mesleki bir tatmin de duyuyor. 2021'de iş sürekliliğini daha kaliteli hale getirecek insan kıymetleri uygulamalarına imza attık. ASELSAN en değerli kaynağı olarak gördüğü çalışanlarının gelişim yolculuğunda eşlik etmek ve liderlik becerilerini geliştirmek amacıyla pek çok projeyi hayata geçirdi. Yurt dışında bulunan vatandaşların Türkiye'ye geri kazandırılması yönündeki çalışmalar Next Big Move to Türkiye Programı kapsamında yürütülmeye devam ediyor. Proje sayesinde son üç yılda çok sayıda profesyonel Türkiye'ye dönerek ASELSAN ailesine katıldı. Ülkemizin çalışkan gençleri için mesleklerini dünya ile rekabet edecek şekilde icra edebilecekleri, mezun olur olmaz ilk başvuracakları en önemli adres olmaya devam edeceğiz."



DIŞIŞLERİNİN GÜVENLİĞİ DE ARIN'A EMANET

ASELSAN'ın yerli ve milli imkânlarla ürettiği ARIN X-Ray cihazları, Tokat ve Gaziantep havalimanlarının ardından Dışışleri Bakanlığında da kullanılmaya başladı.

Dışışleri Bakanlığının sosyal medya hesabı üzerinden yapılan paylaşımda, "Bakanlığımızın güvenliğini Türk savunma sanayiinin parlayan yıldızlarından ASELSAN'ın ürettiği yerli ve milli güvenlik çözümleriyle sağlıyoruz. Bakanlığımız tüm imkânlarıyla savunma sanayii firmalarımızın yanında olmaya devam edecek" ifadeleri kullanıldı. Dışışleri Bakan Yardımcısı Yavuz Selim Kıran da, "ASELSAN'ımıza, Haluk Görgün Hocamız ve ekibine şükranlarımızla..." mesajını paylaştı.

ASELSAN Yönetim Kurulu Başkanı ve Genel Müdürü Prof. Dr. Haluk Görgün, "ASELSAN mühendislerinin milli imkânlarla kısa sürede geliştirdiği ARIN X-Ray Bagaj Kontrol Cihazlarımız, ülkemizin pek çok yerinde kullanılmaya başlanacak. Devletimiz ve ülkemiz için milli mühendisliğimizin gücüyle daha uygun maliyetlerle daha iyisini sunmaya, milli teknolojilerimizle ülkemize katma değer oluşturmaya devam edeceğiz" dedi.

Güvenlik amaçlı kullanılan x-ray bagaj kontrol cihazları, havaalanları, limanlar, sınır kapıları, gümrükler, devlet binaları gibi birçok tesisin güvenliğinin sağlanmasında kritik önem taşıyor. ASELSAN ARIN X-Ray Bagaj Kontrol Cihazları, etkin atom numarasına göre organik, inorganik, metal madde ayrımı ve altı renkli gösterim yapabiliyor. Cihazlarda otomatik patlayıcı tespiti, yüksek yoğunluklu bölgeyi görüntüleme, yüksek yoğunluk alarmı, yoğunlukta zoom kabiliyeti (renkli ve siyah beyaz), organik sıyırma, otomatik geometrik ve radyometrik düzeltme fonksiyonu, tünel giriş-çıkışlarının kamerayla izlenmesi ile genişletilebilir kurgusal tehdit kütüphanesi gibi kabiliyetler bulunuyor.



GÖKDENİZ YETENEKLERİNİ ZORLU SENARYODA YAPILAN ATIŞLI TESTLER İLE KANITLADI



Cumhurbaşkanlığı Savunma Sanayii Başkanlığı, Gökdeniz Yakın Hava Savunma Sisteminin bu yıl İstanbul Firkateynine entegre edileceğini sosyal medya hesabından duyurdu.

Savunma Sanayii Başkanlığı tarafından yürütülen proje kapsamında Deniz Kuvvetleri Komutanlığının yakın hava savunma sistemi ihtiyacını karşılamak üzere ASELSAN tarafından geliştirilen GÖKDENİZ sistemi, Deniz Kuvvetleri Komutanlığı tarafından tahsis edilen gemi üzerinde yapılan atışlı ve atışsız testler ile yeteneklerini kanıtladı. Testlerin son adımı deniz üzerini yalayarak yaklaşan yüksek hızlı saldırı senaryosunu temsil eden zorlu bir test hedefi GÖKDENİZ tarafından başarıyla imha edildi. Sistem test sırasında hedef tespit, tehdit değerlendirme, takip ve imha fonksiyonlarının tümünü kullanıcı müdahalesi olmadan otonom olarak gerçekleştirdi.

GÖKDENİZ, gemi platformlarının hava tehditlerine karşı savunulmasında son katman olarak kritik önem taşıyan bir yakın hava savunma sistemi.

Dünyada İngilizce "Close-In Weapon System [CIWS]" olarak tanımlanan bu sistemler başta anti-gemi füzeleri olmak üzere insansız hava araçları, uçaklar ve helikopterler gibi geniş bir tehdit kümesine karşı gemilerin savunulmasını sağlıyor. GÖKDENİZ sisteminde 35 mm namlulu silahın yanı sıra arama radarı, takip radarı ve E/O algılayıcılar aynı platform üzerinde bulunuyor. Sistem bu sayede hedef tespiti, tehdit önceliklendirmesi, angaje olunan tehdidin otomatik olarak takip edilmesi ve imha edilmesi fonksiyonlarının tümünü icra edebiliyor. Sistem, manuel ve yarı otonom kullanım modlarında operatör tarafından kullanılabilmesi gibi tam otonom kullanım modunda kullanıcı müdahalesine ihtiyaç olmaksızın tüm fonksiyonlarını tamamen otomatik olarak yerine getirebiliyor. MKE üretimi 35 mm çift silahın kullanılmakta olduğu sistem, 1.100 atım/dakika atış hızına sahip. ATOM adını verdiğimiz ASELSAN ve MKE ortak üretimi Parçacıklı Mühimmatın kullanımı sayesinde güncel hava tehditlerine karşı yüksek etkinlik sağlanabiliyor. Ülkemizin savunma devi ASELSAN bugün dünyada bu teknolojiye sahip olan iki firmadan birisi konumunda.

VURAL SİSTEMİ TESLİM EDİLDİ

Savunma Sanayii Başkanı Prof. Dr. İsmail Demir, 1 Mayıs'ta yaptığı bir duyuruyla VURAL Radar Elektronik Harp Sisteminin son partisinin, Türk Silahlı Kuvvetlerine teslim edildiğini açıkladı.

Savunma Sanayii Başkanlığı ile ASELSAN arasında imzalanan sözleşme çerçevesinde geliştirilen VURAL, elektronik destek (ED) sürümü ve elektronik taarruz (ET) alt sürümü olmak üzere iki üründen oluşuyor. Bunlardan ED sürümü, muhasım radar ve radar güdümlü sistemlerin tespiti ve bu sistemlere ait teknik parametrelerin çıkarılmasını sağlıyor. ET sürümü ise hedef sistemlerin sahadaki etkinliğini azaltmak veya yok etmek için elektronik saldırı gerçekleştiriyor. Hedef sistemlerin, dost unsurları tespitini de engelleyebilen ET sürümü ayrıca, hedeflerin dost unsurlara karşı güdüm yeteneklerinin engellenmesini ve zayıflatılmasını sağlıyor veya bu sistemlere yanlış bilgi iletilmesine sebep oluyor. Milli yazılım ve donanım altyapısına sahip VURAL, taktik tekerlekli araç üzerinde yer alıyor.



TONLARCA ATIĞIN ÖNÜNE GEÇİLDİ

ASELSAN yürüttüğü Sıfır Atık Projesi ile çevreye olan duyarlılık çalışmalarına hız kesmeden devam ediyor. Devam eden uygulama çerçevesinde tüm çalışanlara yüzde 100 geri dönüştürülmüş camdan üretilen bardak dağıtımı yapıldı.

Çevre kazanımlarını artırmak amacıyla sıfır atık prensipleri kapsamında bir yeni çalışmaya daha imza atan ASELSAN, yerleşkelerdeki kâğıt bardak kullanımına 1 Ocak 2020 tarihinde son vermişti. Sadece çay-kahve için kullanılan kâğıt bardağın kullanılmaması ile bugüne kadar yaklaşık 150 ton atık azaltımı sağladı. Sıfır Atık Projesi kapsamındaki geliştirme çalışmaları çerçevesinde son olarak plastik kaplarda sunulan içecekler depozitolu cam şişede sunulmaya başladı. Bu sayede de yıllık 20 ton plastik atığının oluşması engellendi.



MAVİ VATAN ASELSAN İLE DAHA GÜVENLİ

Mavi Vatan-2022 Tatbikatında kullanılan yerli ve milli teknolojiler dikkat çekti. Savunma Sanayii Başkanlığı öncülüğünde ASELSAN tarafından geliştirilen Denizaltı Savunma Harbi (DSH) Roketi Atıcı Sistemiyle, aynı proje kapsamında ROKETSAN tarafından geliştirilen DSH Roketinin atışlarının yapıldığı tatbikattan yansıyan görüntülerde, ASELSAN'ın uzaktan komutalı silah sistemleri de kullanıldı.

Mavi Vatan-2022 Tatbikatı, Millî Savunma Bakanı Hulusi Akar'ın beraberindeki Genelkurmay Başkanı Orgeneral Yaşar Güler, Deniz Kuvvetleri Komutanı Oramiral Adnan Özbal ve Hava Kuvvetleri Komutanı Orgeneral Hasan Küçükakyüz ile geldiği TCG KEMALREİS fırkateyninin Aksaz Deniz Üs Komutanlığından ayrılmasıyla başladı. Kurgulanan

bir senaryo doğrultusunda gerçekleştirilen faaliyetler kapsamında, SAS harekâtının ardından gerçekleştirilen denizaltı savunma harbinde yerli ve millî teknolojiler kullanıldı. Belirlenen su altı hedefi, TCG TARSUS karakol gemisindeki Denizaltı Savunma Harbi (DSH) Roketi Atıcı Sistemi kullanılarak tam isabetle vuruldu.





DENİZALTILARA GEÇİT YOK

Uzun müddet satha çıkmadan seyir yapabilen dizel elektrik denizaltılar, elverişsiz sonar ortam şartları nedeniyle akustik olarak kendilerine avantaj sağlayan kıyı bölgelerinde tespit edilmeden hareket icra edebiliyor. Kıyıya yakın sularda sonar şartlarının uygun olmaması nedeniyle denizaltılar ancak kısa mesafelerden tespit edilebiliyor. ASELSAN DSH Roketi Atıcı Sistemi, kıyıya yakın sularda denizaltı savunma harbi icra eden hafif su üstü unsurları tarafından özellikle denizaltılara karşı kullanılmak üzere geliştirildi. Her tip su üstü platformuna kolaylıkla entegre edilebilen sistem, su altından yaklaşan asimetrik tehditlere karşı veya üs ve limanların denizaltı savunması maksadıyla, sabit veya mobil olarak karaya da konuşlandırılabilir.

ZORLU DENİZ KOŞULLARI İÇİN YÜKSEK TEKNOLOJİ

Tatbikata katılan botlarda ve gemilerdeki ASELSAN uzaktan komutalı silah sistemleri de [STOP-2] dikkat çekti. Uzaktan komutalı silah sistemleri alanında dünyadaki lider firmalardan biri olan ASELSAN'ın deniz platformlarına entegre edilmiş çok sayıda sistemi bulunuyor. Zorlu çevre koşulları ve çatışma ortamlarına uygun olarak geliştirilen uzaktan komutalı silah sistemleri, hareket halinde yüksek vuruş isabeti yeteneğine sahip. Yüksek stabilizasyon performansı ve otomatik hedef takip ve tespit yeteneği, kullanıcının hareketli hedefleri kolaylıkla takip edebilmesini sağlıyor. Bu kabiliyetleri sayesinde ASELSAN'ın geliştirdiği sistemler yurt içinde ve yurt dışında özellikle deniz platformlarında tercih edilmeye devam ediyor.

ASELSAN HETEROJEN İNSANSIZ DENİZ ARACI SÜRÜSÜ



ASELSAN, Savunma Sanayii Başkanlığı öncülüğünde sürü İDA teknolojisi üzerine yaptığı çalışmalar neticesinde birbirinden farklı İDA'lardan oluşan Heterojen İnsansız Deniz Aracı Sürüsünü hayata geçirdi. İDA sürüsü, farklı faydalı yüklerle sahip aynı İDA modellerinden veya tamamen farklı yapıda İDA'lardan oluşabiliyor. Yapılan çalışma kapsamında; İDA sürüsü, 7 metre boyundaki Albatros-S ve 15 metre boyundaki MİR botlarından oluşuyor. Geliştirilen altyapı, herhangi bir İDA'nın sürü unsuru olmasına imkân sağlıyor.

Albatros-S botu kullanıcı müdahalesine ihtiyaç duymadan seyir yapabilen, yüksek seviye otonomi kabiliyetine sahip, sürü formasyonunda seyir ve görev icra edebilen, sürü unsurlarından ve engellerden (hareketli engeller dahil) sakınarak sürüdeki eksilmelere karşı da göreve devam edebilme yeteneğine sahip insansız su üstü deniz aracıdır.

2021 yılında dörtlü sürü gösterimi de gerçekleştirilen Albatros-S'lerden oluşan İDA sürüsüne farklı kabiliyetlere sahip, MİR botu dahil edildi.

Albatros-S botuyla aynı sürü otonomisi özelliklerine sahip MİR üzerine entegre farklı faydalı yükler ve botun farklı özellikleri sayesinde İDA sürü kabiliyet alanının genişlemesi sağlandı. MİR botuna

ASELSAN'ın Denizgözü-Kırlangıç EO/IR Kamerası, ANS 510D INS, KARETTA Anti Jam GNSS, KU Bant Uydu Haberleşme Sistemi, STAMP-2L Uzaktan Komutalı Silah Sistemi entegre edildi ve modülerliği sayesinde farklı faydalı yükler ile farklı görevler icra edebilecek kabiliyettedir. Projenin ilerleyen aşamalarında farklı faydalı yük entegrasyonları da yapılacaktır.

Heterojen sürü botlarında çevresel farkındalık ve algılama teknolojileri üzerinde detaylı çalışmalar icra ediliyor. Farklı sensörlerden alınan veriler ile engel/ nesne algılanması ve tespiti mümkündür.

Hayata geçirilen sürü İDA teknolojisi ile, görev paylaşımı ve İDA'lar arası görev dağıtımı icra edilebiliyor. Belirlenecek bir görevin farklı kabiliyetlerde İDA'lar tarafından, algoritmalar sayesinde alınan müşterek kararlar ile icra edilmesi mümkündür.

Albatros-S ve MİR İDA'ları yerli ve milli özgün haberleşme sistemi, kontrol sistemi, çoklu ve yedekli haberleşme sistem mimarisi, GNSS karıştırması altında göreve devam edebilme gibi kabiliyetlere sahip. Mavi Vatan sınırları dahilinde sürüye ait tüm İDA'lar, kazanılan haberleşme kabiliyetleri sayesinde tek bir merkez tarafından kontrol edilebiliyor.

KAYNAKÇA

- [1] R. Luo, S. Sun, X. Zhang, Z. Tang ve W. Wang, "A Low-Cost End-to-End sEMG-Based Gait Sub-Phase Recognition System", *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 28, 1, 2020.
- [2] S. Kyeong, W. Shin, M. Yang, U. Heo, Ji-Rou. Feng ve J. Kim, "Recognition of Walking Environments and Gait Period by Surface Electromyography", *Frontiers of Information Technology & Electronic Engineering*, 20, 3, 342-352, 2019.
- [3] Susanna Yu. Gordleeva, Sergey A. Lobov, Nikita A. Grigorev, Andrey O. Savosenkov, Maxim O. Shamshin, Maxim V. Lukoyanov, Maxim A. Khoruzhko, and Victor B. Kazantsev, "Real-Time EEG-EMG Human-Machine Interface-Based Control System for a Lower-Limb Exoskeleton", *IEEE Access*, 8, 2020.
- [4] Gabriele Bovi, Marco Rabuffetti, Paolo Mazzoleni, Maurizio Ferrarin, "A multiple-task gait analysis approach: Kinematic, kinetic and EMG reference data for healthy young and adult subjects", *Gait & Posture*, 2010, 10.1016/j.gaitpost.2010.08.009.
- [5] Tiziana Lencioni, Ilaria Carpinella, Marco Rabuffetti, Alberto Marzegan, Maurizio Ferrarin, "Human kinematic, kinetic and EMG data during different walking and stair ascending and descending tasks", *Nature*, 2019, 10.1038/s41597-019-0323-z.
- [6] Aaron Fleming, Nicole Stafford, Stephanie Huang, Xiaogang Hu, Daniel P Ferris, and He (Helen) Huang, "Myoelectric control of robotic lower limb prostheses: a review of electromyography interfaces, control paradigms, challenges and future directions", *J. Neural Eng.* 18, 2021.
- [7] Rubana H. Chowdhury, Mamun B. I. Reaz, Mohd Alauddin Bin Mohd Ali, Ashrif A. A. Bakar, Kalaivani Chellappan and Tae G. Chang, "Surface Electromyography Signal Processing and Classification Techniques", *Sensors*, 13, 2013.
- [8] De Luca, C.J., Donald Gilmore, L., Kuznetsov, M., Roy, S.H., "Filtering the surface EMG signal: Movement artifact and baseline noise contamination.", *J. Biomech.*, 2010.
- [9] Maged S. AL-Quraishi, Irraivan Elamvazuthi, Siti Asmah Daud, S. Parasuraman, and Alberto Borboni, "EEG-Based Control for Upper and Lower Limb Exoskeletons and Prostheses: A Systematic Review", *Sensors*, 18, 10, 2018.
- [10] Atilla Kilicarslan, Saurabh Prasad, Robert G. Grossman, and Jose L. Contreras-Vidal, "High Accuracy Decoding of User Intentions Using EEG to Control a Lower-Body Exoskeleton", 35th Annual International Conference of the IEEE EMBS, 2013.
- [11] Ashkin A., Dziedzic J. M., vd. [1986] *Optics Letters* vol. 11, No.5, s 288-290.
- [12] Ashkin A., Dziedzic, J. & Yamane [1987] *Nature* vol. 330, s. 769-771
- [13] Ashkin A., Dziedzic, J. M. [1989] *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 87, s. 7914-7918.
- [14] Moffitt J. R., Chemla Y. R. vd [2008] *Annual Review Biochemistry*, vol.77, s 205-28.
- [15] https://kirazlab.ku.edu.tr/PDF/papers/12_BTD_Dokunmadan_Kontrol.pdf [2012].
- [16] Bulle I. A., Stilgoe A. B., Scott E. K., Dunlop H. R. [2019] *Nanophotonics*, vol. 8, no. 6, 2019, s. 1023-1040.
- [17] Molloy J. E., Padgett M. J. [2002] *Contemporary Physics*, vol. 43, s. 241-258.
- [18] https://blocklab.stanford.edu/optical_tweezers.html [2015].
- [19] Lenton I. C. D., Scott E. K., Dunlop H. R., Bulle I. A. F. [2020] *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, vol 8, s. 1360.
- [20] Polimeno P., Magazzu A., Iati M. A. vd [2018] *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer*, vol. 218, s. 131-150.
- [21] Bustamante C. J., Chemla Y. R., Liu S., Wang M. D. [2021] *Nature Reviews Methods Primers*, 25.
- [22] C. L. Baciú, J. Becker, A. Janshoff and C. Sönnichsen, "Protein-Membrane Interaction Probed by Single Plasmonic Nanoparticles," *Nano Lett.*, vol. 8, pp. 1724-1728, 2008.
- [23] C. X. Yu and J. Irudayaraj, "Multiplex Biosensors Using Gold Nanorods," *Anal. Chem.*, vol. 79, pp. 572-579, 2007.
- [24] X. H. Huang, P. K. Jain, I. H. El-Sayed and M. A. El-Sayed, "Gold Nanoparticles: Interesting Optical Properties and Recent Applications in Cancer Diagnostic and Therapy," *Nanomedicine*, vol. 2, p. 681, 2007.
- [25] P. Zijlstra, J. W. M. Chon and M. Gu, "Five-dimensional Optical Recording Mediated by Surface Plasmons in Gold Nanorods," *Nature*, vol. 459, p. 410, 2009.
- [26] X. Xu, T. H. Gibbons and m. B. Cortie, "Spectrally-selective gold Nanorod Coatings for Window Glass," *Gold Bull.*, vol. 39, pp. 156-165, 2006.
- [27] P. Zijlstra and M. Orrit, "Single Metal Nanoparticles: Optical Detection, Spectroscopy, and Applications," *Reports on Progress in Physics*, vol. 74, p. 106401, 2011.
- [28] S. Link, M. B. Mohamed and M. A. El-Sayed, "Simulation of the Optical Absorption Spectra of Gold Nanorods as a Function of Their Aspect Ratio and the Effect of the Medium Dielectric Constant," *Journal of Physical Chemistry B*, vol. 103, p. 3073, 1999.
- [29] C. Sönnichsen and A. P. Alivisatos, "Gold Nanorods as Novel Nonbleaching Plasmon-Based Orientation Sensors for Polarized Single-particle Microscopy," *Nano Letters*, vol. 5, pp. 301-304, 2005.
- [30] C. F. Bohren and D. R. Huffman, *Absorption and Scattering of Light by Small Particles*, New York: John Wiley & Sons. Inc., 1998.
- [31] R. Gans, "Über die Form ultramikroskopischer Goldteilchen," *Ann. Phys.*, vol. 342, pp. 881-900, 1912.
- [32] G. Mie, "Beiträge zur Optik trüber Medien, speziell kolloidaler Metallösungen," *Ann. Phys.*, vol. 330, pp. 377-445, 1908.
- [33] S. W. Prescott and P. Mulvaney, "Gold Nanorod Extinction Spectra," *J. Appl. Phys.*, vol. 99, p. 123504, 2006.
- [34] M. Yorulmaz, S. Nizzero, A. Hoggard, L. Y. Wang, Y. Y. Cai, M. N. Su, W. S. Chang and S. Link, "Single-particle Absorption Spectroscopy by Photothermal Contrast," *Nano Letters*, vol. 15, no. 5, pp. 3041-3047, 2015.
- [35] M. Yorulmaz, S. Khatua, P. Zijlstra, A. Gaiduk and M. Orrit, "Luminescence Quantum Yield of Single Gold Nanorods," *Nano Letters*, vol. 12, no. 8, pp. 4385-4391, 2012.
- [36] A. Gaiduk, M. Yorulmaz, P. V. Ruijgrok and M. Orrit, "Room-Temperature Detection of a Single Molecule's Absorption by Photothermal Contrast," *Science*, vol. 330, no. 6002, pp. 353-356, 2010.
- [37] A. Tcherniak, J. W. Ha, S. Domingues-Medina, L. S. Slaughter and S. Link, "Probing a Century Old Prediction One Plasmonic Particle at a Time," *Nano Letters*, vol. 10, no. 4, pp. 1398-1404, 2010.
- [38] P. Zijlstra and M. O. P. M. R. Paulo, "Optical Detection of Single Nano-absorbing Molecules Using the Surface Plasmon Resonance," *Nature Nanotechnology*, vol. 7, pp. 379-382, 2012.

- [39] A. E. Çetin, A. F. Coşkun, B. C. Galareta, M. Huang, D. Herman, A. Özcan and H. Altuğ, "Handheld High-throughput Plasmonic Biosensor Using Computational On-chip Imaging," *Light: Science & Applications*, vol. 3, p. e122, 2014.
- [40] Ghahremani Honarvar, M., & Latifi, M. [2016]. Overview of wearable electronics and smart textiles. *The Journal of The Textile Institute*, 108(4), 631-652. <https://doi.org/10.1080/00405000.2016.1177870>
- [41] Ometov, A., Shubina, V., Klus, L., Skibińska, J., Saafi, S., Pascacio, P., ... & Lohan, E. S. [2021]. A survey on wearable technology: History, state-of-the-art and current challenges. *Computer Networks*, 193, 108074.
- [42] Pang, Y., Yang, Z., Yang, Y., & Ren, T. [2019]. Wearable Electronics Based on 2D Materials for Human Physiological Information Detection. *Small*, 16(15), 1901124. <https://doi.org/10.1002/smll.201901124>
- [43] Wang, C., Li, X., Hu, H., Zhang, L., Huang, Z., Lin, M., Zhang, Z., Yin, Z., Huang, B., Gong, H., Bhaskaran, S., Gu, Y., Makiata, M., Guo, Y., Lei, Y., Chen, Y., Wang, C., Li, Y., Zhang, T., ... Xu, S. [2018]. Monitoring of the central blood pressure waveform via a conformal ultrasonic device. *Nature Biomedical Engineering*, 2(9), 687-695. <https://doi.org/10.1038/s41551-018-0287-x>
- [44] Choi, K., Park, H. G., [2017]. Smart Reinvention of the Contact Lens with Graphene. *ACS Nano*, 11(6), 5223-5226. <https://doi.org/10.1021/acsnano.7b03180>
- [45] Grancarić, A. M., Jerković, I., Koncar, V., Cochrane, C., Kelly, F. M., Soulat, D., & Legrand, X. [2017]. Conductive polymers for smart textile applications. *Journal of Industrial Textiles*, 48(3), 612-642. <https://doi.org/10.1177/1528083717699368>
- [46] He, H., Zhang, L., Guan, X., Cheng, H., Liu, X., Yu, S., Wei, J., & Ouyang, J. [2019]. Biocompatible Conductive Polymers with High Conductivity and High Stretchability. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 11(29), 26185-26193. <https://doi.org/10.1021/acsmi.9b07325>
- [47] Sweat-proof "smart skin" takes reliable vitals, even during workouts and spicy meals. [2021, June 30]. MIT News | Massachusetts Institute of Technology. <https://news.mit.edu/2021/smart-skin-vitals-0630>
- [48] C. Darwin, "On the Various Contrivances by Which British and Foreign Orchids are Fertilised by Insects, and on the Good Effects of Intercrossing", London : John Murray, 1890
- [49] A. Hirsch, "The era of carbon allotropes", *Nature Materials*, Vol:9
- [50] M. J. Allen, V. C. Tung, R. B. Kaner, "Honeycomb Carbon: A Review of Graphene", *Chem. Rev.* 2010, 110, 132-145.
- [51] P. Alitalo and S. Tretyakov, "Electromagnetic Cloaking with Metamaterials," *materialstoday*, vol. 12, no. 3, pp. 22-29, 2009.
- [52] F. Zangeneh-Nejad and R. Fleury, "Active times for acoustic metamaterials," *Reviews in Physics*, vol. 4, 2019.
- [53] J. U. Surjadi, L. Gao, H. Du, X. Li, X. Xiong, N. X. Fang and Y. Lu, "Mechanical Metamaterials and Their Engineering Applications," *ADVANCED ENGINEERING MATERIALS*, vol. 21, no. 3, 2019.
- [54] R. Hu, W. Xi, Y. Liu, K. Tang, J. Song, X. Luo, J. Wu, J. Wu and C. Qiu, "Thermal camouflaging metamaterials," *materialstoday*, vol. 45, pp. 120-141, 2021.
- [55] K. Sun, C. A. Riedel, Y. Wang, A. Urbani, M. Simeoni, S. Mengali, M. Zalkovskij, B. Bilenberg, C. H. de Groot and O. L. Muskens, "Metasurface Optical Solar Reflectors Using AZO Transparent Conducting," *ACS Photonics*, vol. 5, no. 2, pp. 495-501, 2017.
- [56] Y. Zhai, Y. Ma, S. N. David, D. Zhao, R. Lou, G. Tan, R. Yang and X. Yin, "Scalable-manufactured randomized glass-polymer hybrid metamaterial for daytime radiative cooling," *Science*, 2017.
- [57] I. J. Luxmoore, P. Q. Liu, P. Li, J. Faist and G. R. Nash, "Graphene-Metamaterial Photodetectors for Integrated Infrared Sensing," *ACS Photonics*, vol. 3, no. 6, pp. 936-941, 2016.
- [58] A. K. Ospanova, S. I. V and A. A. Basharin, "Anapole Mode Sustaining Silicon Metamaterials in Visible Spectral Range," *LASER & PHOTONICS REVIEWS*, vol. 12, 2018.
- [59] N. Lee, T. Kim, J. Lim, I. Chang and H. H. Cho, "Metamaterial-Selective Emitter for Maximizing Infrared Camouflage Performance with Energy Dissipation," *APPLIED MATERIALS & INTERFACES*, vol. 11, pp. 21250-21257, 2019.
- [60] R. Fleury and A. Alu, "Cloaking and Invisibility: A Review," *Progress in Electromagnetics Research*, vol. 147, pp. 171-202, 2014.
- [61] D. Schurig, J. J. Mock, B. J. Justice, S. A. Cummer, J. B. Pendry, A. F. Starr and D. R. Smith, "Metamaterial Electromagnetic Cloak at Microwave Frequencies," *Science*, vol. 314, no. 5801, pp. 977-980, 2006.
- [62] P. Alitalo and S. Tretyakov, "Electromagnetic cloaking with metamaterials," *Materials Today*, vol. 12, no. 3, pp. 22-29, 2009.
- [63] J.R. Bronson ve diğ. "PZT MEMS Actuated Flapping Wings for Insect-Inspired Robotics". ©İçinde: Mar. 2009, ss. 1047-1050. doi: 10.1109/MEMSYS.2009.4805566.
- [64] Firdaus Abas ve diğ. "Flapping wing micro-aerial-vehicle: Kinematics, membranes, and flapping mechanisms of ornithopter and insect flight". ©İçinde: Chinese Journal of Aeronautics 29 (Ağus. 2016). doi: 10.1016/j.cja.2016.08.003.
- [65] Andrew Conn ve diğ. "From Natural Flyers to the Mechanical Realization of a Flapping Wing Micro Air Vehicle". ©İçinde: 2006 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics. 2006, ss. 439-444. doi: 10.1109/ROBIO.2006.340232.
- [66] Jaret Riddick ve Asha Hall. "Three-Dimensional Bending Analysis of Functionally- Modified Bimorph PZT Actuator for cm-Scale Flapping Wing". ©İçinde: Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering 7978 (Tem. 2011), s. 20. doi: 10.1117/12.880587.
- [67] Donald Roberts. "Development of a linear piezoelectric motor based on the inchworm model". ©İçinde: Smart Structures and Materials 1999: Smart Structures and Integrated Systems. Ed. Norman M. Wereley. C. 3668. International Society for Optics ve Photonics. SPIE, 1999, ss. 705-716. url: <https://doi.org/10.1117/12.350746>.
- [68] Yuxin Peng ve diğ. "A piezo-driven flapping wing mechanism for micro air vehicles". ©İçinde: Microsystem Technologies 23 (Nis. 2017), ss. 1-7. doi: 10.1007/s00542-015-2762-6.
- [69] M. Dickinson, F. Lehmann ve S. Sane. "Wing rotation and the aerodynamic basis of insect flight." ©İçinde: Science 284 5422 (1999), ss. 1954-60.
- [70] W. Nachtigall, A. Wisser ve Dietmar Eisinger. "Flight of the honey bee. VIII. Functional elements and mechanics of the 'flight motor' and the wing joint - One of the most complicated gear-mechanisms in the animal kingdom". ©İçinde: Journal of Comparative Physiology - B Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology 168 (Tem. 1998), ss. 323-344. doi: 10.1007/s003600050152.
- [71] Robert Wood. "The First Takeoff of a Biologically Inspired At-Scale Robotic Insect". ©İçinde: Robotics, IEEE Transactions on 24 (May. 2008), ss. 341-347. doi: 10.1109/TRO.2008.916997.

- [72] Harry Wellington Clark. "The adult musculature of the anisopterous dragonfly thorax (odonata, anisoptera)". ©İçinde: Journal of Morphology 67.3 (1940), ss. 523-565. doi: <https://doi.org/10.1002/jmor.1050670309>. eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/jmor.1050670309>. url: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jmor.1050670309>.
- [73] Takashi Ozaki ve Kanae Hamaguchi. "Performance of direct-driven flapping-wing actuator with piezoelectric single-crystal PIN-PMN-PT". ©İçinde: Journal of Micromechanics and Microengineering 28.2 (Ocak 2018), s. 025007. doi: 10.1088/1361-6439/aaa2c8. url: <https://doi.org/10.1088/1361-6439/aaa2c8>
- [74] Gazzaniga, 2019, "Cognitive Neuroscience: The biology of the mind"
- [75] Nanay, 2017, "Between Perception and Action"
- [76] Bach, 2007, "Principles of the Synthetic Intelligence"
- [77] Marcus, 2001, "Algebraic Mind"
- [78] Vinet, 2011, "Thinking, Fast and Slow"
- [79] Thompson, 2016, "Embodied Mind"
- [80] Hawkins, 2017, "A Theory of How Columns in the Neocortex Enable Learning the Structure of the World"
- [81] O'Keefe, 1978, "The hippocampus as a cognitive map"
- [82] "The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2014", Nobel Foundation. <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2014/press-release/>.
- [83] M. Karlén, Illustration: The Nobel Prize in Physiology or Medicine. 2014. [Nobel Prize]. Erişim adresi: https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/med_image_press_eng-6.pdf
- [84] D. Bush, C. Barry, D. Manson ve N. Burgess, "Using Grid Cells for Navigation", Neuron, c. 87, sy 3, ss. 507-520, 2015, doi: 10.1016/j.neuron.2015.07.006.
- [85] Stanford Artificial Intelligence Laboratory et al. Robotic Operating System. N.p., 2018. Web.
- [86] Gerkey, Brian. Why Ros 2?, June 2014, https://design.ros2.org/articles/why_ros2.html.
- [87] Wikipedia contributors. "Robot Operating System." Wikipedia, The Free Encyclopedia. Wikipedia, The Free Encyclopedia, 5 Apr. 2022. Web.
- [88] S. Macenski, T. Foote, B. Gerkey, C. Lalancette, W. Woodall, "Robot Operating System 2: Design, architecture, and uses in the wild," Science Robotics vol. 7, May 2022.
- [89] Fong, Terry. ROS in Space: Thoughts on Developing and Deploying ROS for Space Robotics. No. ARC-E-DAA-TN7859. 2013.
- [90] Chen, Rick. "VIPER's Mission Operations." NASA, 27 Jan. 2021, www.nasa.gov/viper/lunar-operations.
- [91] B. Gleich and J. Weizenecker, "Tomographic imaging using the nonlinear response of magnetic particles," Nature, vol. 435, no. 7046, pp. 1214-1217, 2005.
- [92] M. Graeser, F. Thieben, P. Szwargulski, F. Werner, N. Gdaniec, M. Boberg, F. Griesse, M. Möddel, P. Ludewig, D. van de Ven, O. M. Weber, O. Woywode, B. Gleich, and T. Knopp. Human-sized magnetic particle imaging for brain applications. Nature Comm., 2019.
- [93] Z. W. Tay et al., "Magnetic Particle Imaging-Guided Heating in Vivo Using Gradient Fields for Arbitrary Localization of Magnetic Hyperthermia Therapy," ACS Nano, vol. 12, no. 4, pp. 3699-3713, Apr. 2018, doi: 10.1021/acsnano.8b00893.
- [94] X. Zhu, J. Li, P. Peng, N. Hosseini Nassab, and B. R. Smith, "Quantitative Drug Release Monitoring in Tumors of Living Subjects by Magnetic Particle Imaging Nanocomposite," Nano Lett., vol. 19, no. 10, pp. 6725-6733, Oct. 2019, doi: 10.1021/acs.nanolett.9b01202.
- [95] C. B. Top and A. Güngör. Tomographic field free line magnetic particle imaging with an open-sided scanner configuration. IEEE Transactions on Medical Imaging, 39(12), 2020.
- [96] Duarte, M. F., Davenport, M. A., Takhar, D., Laska, J. N., Sun, T., Kelly, K. F., Baraniuk, R. G., "Single-pixel imaging via compressive sampling," IEEE signal processing magazine, 25(2), 2008, 83-91.
- [97] Kar, O.F., Güngör, A., Güven, H. E., "Real-time Compressive Focal Plane Array Imaging," Imaging and Applied Optics 2019 (COSI), OSA Technical Digest, Ctu2A.3.
- [98] Güngör, A., Kar, O.F., Güven, H. E., "A matrix-free reconstruction method for compressive focal plane array," 2018 25th IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 2018, pp. 1827-1831.
- [99] Sokolova, M., "Big Text advantages and challenges: Classification perspective", International Journal of Data Science and Analytics, 5, 1-10, (2018).
- [100] GLUE Skor Tablosu. <https://gluebenchmark.com/leaderboard/>
- [101] Devlin, J., Chang, M.W., Lee, K., & Toutanova, K., "BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding", In: Proceedings of NAACL-HLT, 4171-4186, (2019).
- [102] Brown, T. Et al., "Language models are few-shot learners", arXiv preprint arXiv:2005.14165
- [103] <https://www.theguardian.com/commentisfree/2020/sep/08/robot-wrote-this-article-gpt-3>
- [104] Devlin, J., Chang, M.W., Lee, K., & Toutanova, K., "BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding", In: Proceedings of NAACL-HLT, 4171-4186, (2019).
- [105] Roller, S. et al. (2021, April). Recipes for Building an Open-Domain Chatbot. In Proceedings of the 16th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics: Main Volume (pp. 300-325).
- [106] Zhang, Y. et al. (2020, July). DIALOGPT: Large-Scale Generative Pre-training for Conversational Response Generation. In Proceedings of the 58th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics: System Demonstrations (pp. 270-278).
- [107] Baeviski, A., Zhou, Y., Mohamed, A., & Auli, M. (2020). wav2vec 2.0: A Framework for Self-Supervised Learning of Speech Representations. Advances in Neural Information Processing Systems, 33.
- [108] Yilmaz, E. H., & Toraman, C. (2020, July). Kloos: Kl divergence-based out-of-scope intent detection in human-to-machine conversations. In Proceedings of the 43rd International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (pp. 2105-2108).
- [109] Yilmaz, E. H., & Toraman, C., "ConQX: Semantic Expansion of Spoken Queries for Intent Detection based on Conditioned Text Generation", arXiv preprint arXiv:2109.00729
- [110] "Digital 2020", We Are Social & Hootsuite Report, (2020).
- [111] Shearer, E. & Grieco, E., "Americans are wary of the role social media sites play in delivering the news", Pew Research Center Report, (2019).
- [112] Spring, M. "Covid-19: Internette yayılan yalan haberlerin gerçek kurbanları", 29 Aralık 2020, BBC Türkçe, (2020).
- [113] Şahinuç, F., Toraman, Ç. (2021). "Tweet Length Matters: A Comparative Analysis on Topic Detection in Microblogs". 43rd European Conference on Information Retrieval. (pp. 471-478)

- [114] Toraman, Ç., Şahinuç, F., Yilmaz, E., H. (2021) "What Happened in Social Media during the 2020 BLM Movement? An Analysis of Deleted and Suspended Users in Twitter", arXiv preprint arxiv:2110.00070
- [115] "The Archive Developer API", New York Times, <https://developer.nytimes.com/docs/archive-product/1/overview>, Erişim tarihi: 8 Nisan 2021.
- [116] Everton, S.F., "Tracking, Destabilizing and Disrupting Dark Networks with Social Network Analysis", Calhoun: The NPS Institutional Archive, (2008).
- [117] O. Koksall, "Tuning the Turkish Text Classification Process Using Supervised Machine Learning-based Algorithms," in 2020 International Conference on INnovations in Intelligent SysTems and Applications (INISTA), 2020, pp. 1-7.
- [118] O. Koksall, "Enhancing Turkish sentiment analysis using pre-trained language models," SIU 2021 - 29th IEEE Conf. Signal Process. Commun. Appl. Proc., Jun. 2021.
- [119] S. Hochreiter and J. Schmidhuber, "Long Short-Term Memory," *Neural Comput.*, vol. 9, no. 8, pp. 1735-1780, Nov. 1997.
- [120] D. Britz, A. Goldie, M. T. Luong, and Q. V. Le, "Massive exploration of neural machine translation architectures," in EMNLP 2017 - Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, Proceedings, 2017, pp. 1442-1451.
- [121] G. Weiss, Y. Goldberg, and E. Yahav, "On the Practical Computational Power of Finite Precision RNNs for Language Recognition," *ACL 2018 - 56th Annu. Meet. Assoc. Comput. Linguist. Proc. Conf. [Long Pap.]*, vol. 2, pp. 740-745, May 2018.
- [122] T. Mikolov, K. Chen, G. Corrado, and J. Dean, "Efficient estimation of word representations in vector space," in 1st International Conference on Learning Representations, ICLR 2013 - Workshop Track Proceedings, 2013.
- [123] Q. V. Le and T. Mikolov, "Distributed Representations of Sentences and Documents," 31st Int. Conf. Mach. Learn. ICML 2014, vol. 4, pp. 2931-2939, May 2014.
- [124] J. Pennington, R. Socher, and C. Manning, "GloVe: Global Vectors for Word Representation," in Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP), 2014, pp. 1532-1543.
- [125] P. Bojanowski, E. Grave, A. Joulin, and T. Mikolov, "Enriching Word Vectors with Subword Information," *Trans. Assoc. Comput. Linguist.*, vol. 5, pp. 135-146, Dec. 2017.
- [126] M. E. Peters et al., "Deep Contextualized Word Representations," in Proceedings of the 2018 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 [Long Papers], 2018, vol. 1, pp. 2227-2237.
- [127] K. Clark, M.-T. Luong, Q. V. Le, and C. D. Manning, "ELECTRA: Pre-training Text Encoders as Discriminators Rather Than Generators," *ArXiv*, vol. abs/2003.1, 2020.
- [128] J. Devlin, M.-W. Chang, K. Lee, and K. Toutanova, "BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding," in Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 [Long and Short Papers], 2019, pp. 4171-4186.
- [129] Ö. Köksal, "Architecting Integrated Internet of Things Systems," Wageningen UR, 2018.
- [130] Ö. Köksal and B. Tekinerdogan, "Feature-driven domain analysis of session layer protocols of internet of things," in Proceedings - 2017 IEEE 2nd International Congress on Internet of Things, ICIOT 2017, 2017, pp. 105-112.
- [131] B. Tekinerdogan and Ö. Köksal, "Pattern Based Integration of Internet of Things Systems," in Internet of Things - ICIOT 2018, Springer, Cham, 2018, pp. 19-33.
- [132] B. Tekinerdogan, Ö. Köksal, and T. Celik, "Data Distribution Service-Based Architecture Design for the Internet of Things Systems," in Connected Environments for the Internet of Things, Springer, Cham, 2017, pp. 269-285.
- [133] Ö. Köksal and B. Tekinerdogan, "Obstacles in Data Distribution Service Middleware: A Systematic Review," *Futur. Gener. Comput. Syst.*, vol. 68, pp. 191-210, 2017.
- [134] C. L. Holloway, E. F. Kuester, J. A. Gordon, J. O'Hara, J. Booth and D. R. Smith, "An Overview of the Theory and Applications of Metasurfaces: The Two-Dimensional Equivalents of Metamaterials," in *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, vol. 54, no. 2, pp. 10-35, April 2012, doi: 10.1109/MAP.2012.6230714.
- [135] A. Lai, T. Itoh and C. Caloz, "Composite right/left-handed transmission line metamaterials," in *IEEE Microwave Magazine*, vol. 5, no. 3, pp. 34-50, Sept. 2004, doi: 10.1109/MMW.2004.1337766.
- [136] R. W. Ziolkowski, "Design, fabrication, and testing of double negative metamaterials," in *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol. 51, no. 7, pp. 1516-1529, July 2003, doi: 10.1109/TAP.2003.813622.
- [137] Buzzi S. Cell-free massive mimo versus multicell massive mimo deployment for 6G broadband. Kasım 2020, www.6gchannel.com/wp-content/uploads/2020/11/Stefano_6G-Seminar-Oulu-November-04-2020.pdf, Erişim tarihi 22.04.2022.
- [138] Demir ÖT, Björnson E, Sanguinetti L. Foundations of user-centric cell-free massive MIMO. arXiv preprint arXiv:2108.02541. Ağustos 2021.
- [139] Interdonato G, Björnson E, Quoc Ngo H, Frenger P, Larsson EG. Ubiquitous cell-free massive MIMO communications. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, Aralık 2019.
- [140] Zhang J, Chen S, Lin Y, Zheng J, Ai B, Hanzo L. Cell-free massive MIMO: A new next-generation paradigm. *IEEE Access*. Temmuz 2019.
- [141] Ngo HQ, Tran LN, Duong TQ, Matthaiou M, Larsson EG. On the total energy efficiency of cell-free massive MIMO. *IEEE Transactions on Green Communications and Networking*, Kasım 2017.
- [142] Frenger P, Hederen J, Hessler M, Interdonato G. Antenna arrangement for distributed massive MIMO. *Birleşik Devletler Patent Başvurusu*, 2017.
- [143] Thomson, W., and P. G. Tait, 1879, *Elements of Natural Philosophy* (Cambridge University Press, Cambridge, England)
- [144] L. Essen and J. Parry, "An atomic standard of frequency and time interval: a caesium resonator", *Nature*, vol. 176, pp. 280-281, Aug. 1955.

ASELSAN 1975 Sizlerle!

Bir mağaza

Macunköy Yerleşkesi



Farklı
Koleksiyonlar



Farklı
Renk Seçenekleri



7/24
Hizmetinizde



www.aselsan1975.com

Sizden Aldığımız
İlhamla Sizlerle



aselsan



asildernegi.org.tr



Yapacağınız bağışlar ile
geleceğe umut, hayata değer katıyoruz.

Bağış Hesap Numaralarımız
YAPI VE KREDİ BANKASI ÖSTİM ŞUBESİ

Şube Kodu: 602
Hesap No: 59468139
Para Cinsi: TL
Iban No: TR13 0006 7010 0000 0059 4681 39

Şube Kodu: 602
Hesap No: 59430336
Para Cinsi: USD
Iban No: TR60 0006 7010 0000 0059 4303 36

Şube Kodu: 602
Hesap No: 59451723
Para Cinsi: EUR
Iban No: TR52 0006 7010 0000 0059 4517 23



ASELSAN
SOSYAL
İNNOVASYON
LİDERLERİ
YARDIMLAŞMA
DERNEĞİ