



Uludağ Tekstil İhracatçıları Birliği Nanoteknoloji ve Nanotekstiller Raporu

MART 2020

Uludağ İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği

Ar-Ge Şubesi

İçindekiler

NANOTEKNOLOJİ NEDİR?.....	1
NANOTEKNOLOJİNİN UYGULAMA ALANLARI.....	5
NANOTEKNOLOJİNİN DÜNYADAKİ DURUMU	12
TÜRKİYE’DE NANOTEKNOLOJİNİN DURUMU.....	16
NANOTEKNOLOJİNİN TEKSTİL SEKTÖRÜNDE KULLANIMI.....	23
NANOTEKNOLOJİNİN GELECEKTEKİ DURUMU	28
REFERANSLAR	33

NANOTEKNOLOJİ NEDİR?

“Nano” terimi, bir şeyin bir milyarda biri anlamına gelir. “Nanoteknoloji”, “nanobilim” gibi başında “nano” öneki bulunan terimler, “nanometre” teriminden gelmektedir. Bir metrede 1.000.000.000 nanometre vardır, yani bir nanometre, bir metreden bir milyar kere küçüktür. Bir nanometre, aşağı yukarı orta-boyutta bir molekülün, örneğin 60 karbon atomu içeren bir molekülün boyutundadır.

Nanoteknoloji, maddenin atomik, moleküler ayrıca supramoleküler seviyede kontrolüdür.

Nanoteknolojinin ayrıca bugün moleküler nanoteknoloji olarak bahsedilen en eski ve yaygın tanımı, tam olarak ‘makroölçek ürünlerinin imalatı için atomların ve moleküllerin kontrolünün belirli bir amacını ifade etmektedir. Nanoteknolojinin daha genel tanımı sonradan National Nanotechnology Initiative tarafından yapılmıştır. National Nanotechnology Initiative, nanoteknolojiyi ‘en az bir boyutunun büyüklüğü 1’den 100 nanometreye kadar olan maddenin kontrolü’ olarak tanımlar. Bu tanım şu gerçeği gösteriyor ki; kuantum mekaniği etkileri bu kuantum-alan ölçeğinde önemlidir. Bu yüzden tanım belirli bir teknolojik amaçtan çok, verilen büyüklük sınırının altında oluşan maddenin özel niteliklerini ele alan tüm teknoloji ve araştırma türlerini kapsayan bir araştırma kategorisine dönüştü. Bu yüzden “nanoteknolojileri”nin ve “nanoölçek teknolojileri”nin çoğul formunun ‘ortak özelliği büyüklük olan geniş bir dizi araştırma ve uygulamaları ifade ettiğine sıkça rastlanır. Potansiyel uygulamaların (endüstriyel ve askeri dahil) çeşitliliği yüzünden devletler nanoteknoloji araştırmaları için milyarlarca dolar yatırım yaptı. National Nanotechnology Initiative dolayısıyla ABD 3.7 milyar dolar yatırım yaptı. Avrupa Birliği 1,2 milyar dolar ve Japonya 750 milyon dolar yatırım yaptı.

Nanoteknoloji büyüklükle tanımlandığı için yer bilimi, organik kimya, moleküler biyoloji, yarı iletken fiziği, mikro fabrikasyon gibi bilim alanlarını içerir ve doğal olarak çok geniştir. İlgili araştırma ve uygulamalar da aynı şekilde çeşitlidirler. Atomik olmayan aygıt fiziğinin uzantılarından temelleri moleküler kendinden montaj olan tamamen yeni yaklaşımlara, nanoölçekteki boyutlarıyla yeni materyaller geliştirmekten atomik ölçekteki maddenin direkt kontrolüne kadar çeşitlilik gösterirler.

Bugünlerde bilim adamları nanoteknolojinin olası sonuçları üzerinde tartışıyorlar. Nanoteknoloji ilaç, elektronik, biyomalzeme ve enerji üretiminde olduğu gibi geniş uygulama

yelpazeyle birçok araç ve madde yaratabilir. Diğer yandan, nanoteknoloji her yeni teknolojinin yarattığı sorunların çoğunu yaratabilir; bunlara zehirlilik, nanomaddelerin çevresel etkisi ve bunların küresel ekonomiye olası etkisi ve çeşitli kıyamet günü senaryoları şüpheleri gibi kaygılar örnek verilebilir. Bu kaygılar savunma grupları ve hükümet arasında nanoteknoloji için özel bir düzenlemenin garanti olup olmadığı konusunda tartışmaya neden oldu.

Nanoteknoloji tarihi

Nanoteknolojiyi besleyen ilk kavramlar, ünlü fizikçi Richard Feynman tarafından atomların direkt kontrolü aracılığıyla bir sentezin olasılığından bahsettiği konuşması *There's Plenty of Room at the Bottom* sırasında tartışılmıştır. “Nanoteknoloji” terimi ilk kez 1974’te Norio Taniguchi tarafından kullanılmıştır. Yine de çok bilinmiyordu.

Feynman’ın kavramlarından etkilenen K. Eric Drexler, “nanoteknoloji” terimini bağımsız olarak 1986’da kitabı *Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology*’de kullanmıştır. Bu kitap, hem kendinin hem diğer kestirilmiş karmaşıklık maddelerinin atomik kontrol ile bir kopyasını oluşturabilecek nano-ölçek çevirici fikrini öne sürmüştür. Drexler ayrıca 1986’da nanoteknoloji kavramları ve sonuçları hakkında toplum bilinci oluşturmak için *The Foresight Institute* (Öngörü Enstitüsü) ‘nü kurmuştur.

Bu şekilde, 1980lerde nanoteknolojinin bilim dalı olarak ortaya çıkması, teorik ve kamu işlerinin birleşmesiyle olmuştur. Bu birleşim, nanoteknoloji için ve maddenin atomik kontrolüne biraz daha dikkat çeken yüksek görünürlüklü deneysel gelişmeler için kavramsal bir çerçeve geliştirmiş ve yaygınlaştırmıştır.

Örneğin; 1981’de taramalı tünelleme mikroskobunun icadı atom ve bağların daha önce yapılandan farklı bir şekilde görüntülenmesini sağlamıştır ve 1989’da atomların kontrolünde başarılı bir şekilde kullanılmıştır. IBM Zurich Research Laboratory’da mikroskobu geliştiren Gerd Binnig ve Heinrich Rohrer 1986’da Fizik dalında Nobel Ödülü aldı. Ayrıca Binnig, Quate ve Gerber o yıl analog atomsal kuvvet mikroskobunu bulmuştur.

Fulerinler 1985’te birlikte Kimya dalında Nobel Ödülü kazanan Harry Kroto, Richard Smalley, ve Robert Curl tarafından keşfedilmiştir. C60 ilk başta nanoteknoloji olarak tanımlanmamıştır; bu terim, nano-ölçek elektroniği ve araçları için olası uygulamalar öneren ilgili grafen tüpleri (karbon nanotüpleri veya Bucky tüpleri) ile daha sonraki çalışmaya ilişkin kullanılmıştır.

2000'li yılların başında, biriken alan hem anlaşmazlığa hem ilerlemeye sebep olan bilimsel, siyasi ve ticari dikkati arttırdı. Anlaşmazlıklar, Royal Society'nin nanoteknoloji hakkındaki raporu tarafından ispat edilen nanoteknoloji tanımları ve olası sonuçlarına ilişkin ortaya çıkmıştır. Moleküler nanoteknoloji taraftarları tarafından planlanan uygulamaların uygulanabilirliğine ilişkin karşı görüşler ortaya atıldı. Bu tartışmalar 2001 ve 2003 yılında Drexler ve Smalley arasında bir kamu tartışmasında doruk noktasına ulaşmıştır.

Bu sırada, nano-ölçek teknolojilerindeki gelişmelere dayanan ürünlerin ticarileşmesi başladı. Bu ürünler nanomateryallerin dökme uygulamalarıyla sınırlıdır ve maddenin atomik kontrolünü içermemektedir. Bazı örnekler; gümüş nanoparçacıkların anti-bakteriyel bir madde ve nanoparçacık temelli şeffaf güneş kremleri olarak kullanılması ve karbon nanotüplerin leke tutmaz tekstil ürünleri için kullanılması için Gümüş Nano platformu içermektedir.

Devletler, ABD' de nanoteknolojinin büyüklüğe dayalı tanımını formülize eden ve nano-ölçek araştırmaları üzerine fon kuran National Nanotechnology Initiative ile başlayarak nanoteknoloji araştırmalarını desteklemeye ve finanse etmeye başladılar.

2000'li yılların ortalarına doğru yeni ve bilimsel ilgi gelişmeye başladı. Maddenin atomik hassas kontrolü üzerine odaklanan, ayrıca var olan ve tasarlanmış kapasiteler, amaçlar ve uygulamaları tartışan nanoteknoloji yol haritaları üretmek için projeler ortaya çıktı.

Temel kavramlar

Nanoteknoloji, fonksiyonel sistemlerin moleküler ölçekte mühendisliğidir. Bu, güncel çalışmayı ve daha gelişmiş kavramları içerir. Orijinal anlamıyla nanoteknoloji, bugün tam ve yüksek performanslı ürünler yapmak için geliştirilen araçlar ve teknikleri kullanarak maddeleri aşağıdan yukarıya oluşturmada tahmini gücü ifade eder.

Bir nanometre (nm), metrenin milyarda biri, ya da 10^{-9} katıdır. Tipik karbon-karbon bağ uzunluğu, ya da bir moleküldeki atomların arasındaki boşluk 0.12–0.15 nm arasında değişiklik gösterir ve bir DNA çift sarmalı yaklaşık 2 nm çapa sahiptir. Diğer yandan, en küçük hücresel yaşam formları, mikro plazma familyasının bakterileri, yaklaşık 200 nm uzunluğundadır. Genel kabul ile ABD'deki National Nanotechnology Initiative tarafından kullanılan tanımın ardınca nanoteknoloji 1'den 100'e ölçü aralığı olarak alınmaktadır. Daha düşük limit atomların boyutu tarafından belirlenmektedir (hidrojen, yaklaşık bir nm çapın çeyreği kadar olan en küçük atomlara sahiptir.) çünkü nanoteknoloji aygıtlarını atom ve moleküllerden inşa etmek zorundadır. Üst limit aşağı yukarı rastlantısal ama yaklaşık olarak

daha geniş yapılarda gözlemlenmeyen olayların belirgin hale gelmeye başladığı ve nano aygıtta yararlanılabildiği boyuttur. Bu yeni olaylar, nanoteknolojiyi eşdeğer makroskobik aygıtın sadece küçültülmüş versiyonları olan aygıtlardan farklı kılar. Böyle aygıtlar daha büyük ölçektedir ve mikroteknoloji tanımı altındadır.

Bu ölçeği başka bir bağlama koyarsak, bir nanometrenin boyutunun bir metreye oranı bir bilyenin boyutunun dünyaya oranıyla aynıdır. Diğer bir deyişle, bir nanometre ortalama bir adamın tıraş makinesini yüzüne yaklaştırdığı zamanda uzayan sakal miktarıdır.

Nanoteknolojide iki ana yaklaşım kullanılmaktadır. “Aşağıdan yukarı” yaklaşımında; aygıt ve materyaller, moleküler tanıma ilkeleri ile kendilerini kimyasal olarak bir araya getiren moleküler bileşenlerden oluşturulur. “Yukarıdan aşağı” yaklaşımında, nano-nesneler atomik-düzy kontrolü olmayan daha büyük oluşumlardan oluşturulur.

Nanoelektronik, nanomekanik, nanofotonik ve nanoiyonik gibi fizik alanları, nanoteknolojinin temel bilimsel kurulumunun sağlanması için son birkaç on yıllık periyotlarda oluşmuştur.

NANOTEKNOLOJİNİN UYGULAMA ALANLARI

BİLİŞİM VE İLETİŞİM

Modern bilişim toplumu, daha büyük aktarma ve işleme hızları, daha yüksek depolama yoğunlukları olan seyyar, güçlü ve sağlam bilgi işleme araçları ve esnek, entegre edilebilir ekranlar için gittikçe artmakta olan talebi tetiklemektedir.

İlerisi için, kablosuz teknolojiye yararlanan ve geniş bir bant ağına bağlı olan ucuz, güçlü ve portatif hesaplama aygıtlarının tüm insanların kullanımına açık olacağı, her yerde hazır bulunacak bir bilgisayar vizyonu tarif edilebilir.

Nanoteknoloji geleceğin bilişim ve iletişim teknolojileri için anahtar olacaktır. Bazı ilgili bileşenler ve uygulamalar aşağıda özetlenerek verilmiştir.

Veri İşleme ve Depolama

Nanoteknoloji, ultra yüksek entegre mantık üretimi, olağanüstü yüksek depolama yoğunluklu, minyatürleştirilmiş yığinsal bellekler ve bilgisayarlara yönelik yeni, kalıcı, yüksek performansla çalışan hafızalar için potansiyel oluşturmaktadır. Pazara girmeleri beklenen oldukça fazla sayıda nanoteknolojik veri hafızası fikri mevcuttur. Bunlardan biri de verilerin kalıcı olması (veriler, güç kesilmesi durumunda da korunur ve böylece bilgisayarlardaki önyükleme işlemi gereksiz hale gelir), düşük enerji tüketimi gibi özel karakteristikleri olması nedeniyle, DRAM hafızaların yerine geçmesi beklenen ve manyetik etkilere dayanıklı olan MRAM'lardır.

Ekranlar

Gelecekte, tam-renkli, tam-hareketli, enerji-verimli ve daha da fazla “çok-yönlü” olan ekranlara yönelik talep, cep telefonlarının, kişisel dijital yardımcılarının, elektronik kitapların ve diğer elektronik aygıtların her yere yayılmasıyla artacaktır. Bu ekranlar düşük maliyetli olmalı, az miktarda güç tüketmeli, ince ve hafif olmalı ve esnek bir sübstrata takılabilmelidir. Bu tür esnek ekranlar, hem daha ekonomik üretim proseslerinin önünü açacaktır hem de gözlüklere, otomobil ön camlarına ve diğer öğelere entegre edilmiş baş üstü ekranlar gibi, geleceğe ait uygulamaları mümkün kılacaktır. Bazı nanoteknolojik düz panel ekran teknolojileri, organik ışık yayan diotlar (OLED) ya da karbon nanotüplere dayalı alan emisyonu ekranları (KNT-AEE) gibi büyük umutlar vaat etmektedir. Varolan teknolojik sorunlar çözüldüğü zaman, her iki ekran tipi için de büyük bir pazar potansiyeli öngörülmektedir.

Seyyar Elektronikler

Seyyar elektronikler gelecekte gittikçe daha fazla önem kazanacaktır. Seyyar elektroniklerin gelecek uygulamalarıyla ilgili senaryo, sağlık denetimi için ya da telekomünikasyon amaçlarına yönelik giyilebilir elektronikler (tekstil liflerinden dokunmuş), iş yerleri ya da eğlence dünyası için sanal gerçeklik aygıtlarının yanında, kişisel elektronik yardımcı, eşzamanlı çevirmen, ayaklı kütüphane gibi çoklu kullanımı olan çok fonksiyonlu portatif aygıtları da içerir.

Seyyar ekipmanlara yeni ses, video, görüntü, veri girişi ve kablosuz kapasite eklenmesi, güç entegre devrelerinde (ED), bu alt sistemleri destekleyecek yeni talepler ve gereksinimlere yol açmaktadır. İşlemci hızları arttıkça, yeni elektriksel ortamlarla başa çıkabilmek için ve işlemci hızını seyyar uygulamaların gerekliliklerine uygun olacak şekilde ayarlamak için, güç-yönetimi çipleri ve alt sistemler kurulmalıdır. Bu seyyar elektronikleri destekleyecek yeni ve minyatür hale getirilmiş güç sağlayıcı aygıtlar gerekli olacaktır. Nanoteknoloji, piller, minyatür yakıt pilleri, termoelektrik konventörler ya da güneş pilleri alanlarında seyyar enerji üretimini önemli ölçüde geliştirebilir.

KİMYA

Kimya endüstrisinde nanoyapılı malzemeler ve nanoteknolojik üretim prosesleri, bir süreden beri kullanılmaya başlanmıştır. Kimyasal nanoteknolojiye dayanan bazı ürünler hâlihazırda pazara girmişlerdir. Nanoparçacıklara dayalı güneş kremleri, kendi kendini temizleyen boyalar (“lotus etkisi”) ve seramikler, biyoçiplerde işaretleyici nanoparçacıklar, araba lastiklerinde doldurucu nanoparçacıklar ya da katalizörler bunlara örnek olarak gösterilebilir. Temelde kimyasal nanoteknoloji ürünleri için geniş uygulama alanları mevcuttur, ancak ticarileşme için önemli olan, geleneksel malzemelerden daha iyi bir fiyat performansı oranının örneklenerek gösterilebilmesi ve seri üretimde gerçek dünya için uygunluk sağlanması gerekmektedir. Büyük miktarlarda ve rekabet edebilecek maliyetlerde üretilmedikleri takdirde, nanomalzemeler yalnızca niş piyasada uygulanabileceklerdir. Tablo 2.2.1’ de, nanomalzemelerin değer zincirinin çeşitli aşamalarında varolan ve potansiyel uygulamaları sıralanmıştır.

Uzun vadede, kimyasal nanoteknolojinin geleneksel malzemeleri geliştirmenin de ötesine geçeceği beklenmektedir. Moleküler nanoteknolojinin görünür amaçlarından biri de, yapı içi algılama ve davranma özellikleri, programlanabilir optik, termal ve mekanik nitelikler ve hatta kendi kendini iyileştirme gibi özellikleri olan “akıllı” malzemeler üretmektir. Buradaki

bir amaç da, sentetik ve biyolojik malzemelerin, yapıların ve sistemlerin birleştirilmesi ve teknolojik uygulamalar için biyolojik proseslerin taklit edilmesidir. Nanobiyoteknolojinin bu alanı henüz temel araştırma safhasındadır, ancak gelecek için en fazla ümit vadeden araştırma alanlarından biri olarak görülmektedir.

OTOMOTİV

Otomotiv endüstrisinin belirli özellikleri, bu pazarı nanoteknolojinin girişi için bereketli bir market haline getirmektedir. Pazar oldukça büyüktür, nispeten kısa yenilik döngüleri bulunmaktadır. Yakıt ekonomisi ve güvenlik açısından pazara ve denetleyici baskılara tabidir ve ayrıca tüketici baskılarına maruz kalan trendlerden büyük miktarda etkilenmektedir. Tüm bu faktörler yenilikçi teknolojilerin pazara girişini desteklemektedir. Nanoteknolojik kabiliyet, gelecek otomotiv mühendisliğinde, bu endüstrinin uluslararası çapta rekabet edebilir kalması için gerekli olan çekirdek alanlarından biri olacaktır. Nanoteknolojik yenilik çabalarının otomotiv mühendisliğindeki kapsamı, somut geliştirme faaliyetleri sayesinde kullanımda olan elemanlardan, potansiyeli olan fakat gerçekleştirilmeleri uzun zaman alabilecek fikirlere kadar uzanmaktadır. Bunlardan bazıları, özünde yeni fakat ürünün üzerinde geniş kapsamlı etkileri olan gelişmelerdir. İkincil etkiler birçok başka endüstri alanlarında da beklenmektedir. Nanoteknolojik gelişmeler, tüm otomotiv alt sistemlerinde ve bileşenlerde rol oynayabilir. Örneklerden bazıları aşağıda sıralanmıştır:

- Araba lastiklerinde dolgu maddeleri olarak nanoparçacıklar,
- Ekranlar ve aynalar için yansımayı engelleyici kaplamalar,
- Nanoparçacık takviyeli polimerler ve metaller,
- Nanoteknolojik modifikasyondan geçirilmiş adezif teknolojiler ve adezif astarlar,
- Gelişmiş yakıt pili teknolojisi ve hidrojen depolaması,
- Nanoelektronığe dayalı sensörler (örneğin manyetorestif sensörler) ve elektronik bileşenler (örneğin baş üstü görüntü ekranları, yol bilgisayarı),
- Yakıt pili katkı maddeleri olarak katalitik nanoparçacıklar,
- Aynalar ve ekranlar için buğulanmayı engelleyici kaplamalar olarak hidrofil yüzey kaplamaları,
- Ultra hafif araba yapıları için karbon nanotüp kompozitler,

- “Kendiliğinden iyileşen” kaplamalar.

TIP VE SAĞLIK BAKIMI

Sağlık hizmetleri büyük miktarda sosyal ve ekonomik faktörden etkilenmektedir. Aşağıdaki örneklerin de gösterdiği gibi, nanoteknoloji halihazırda sağlık hizmetleri pazarında yer almaktadır.

- Atomik kuvvet mikroskobu (AKM) teknolojisi, tanı ve ilaç keşfinde kullanım için daha küçük ve daha hassas mikrodiziler yaratmak için kullanılmaktadır. AKM ayrıca yüzeylerin nanoyapılandırılması ve bu yüzeylerin daha biyouyumlu hale getirilmesi için de kullanılabilir.
- Fullerenler, dendrimerler ve kuantum noktaları (benzersiz floresan özellikleri olan yarıiletken malzeme kompleksleri) gibi nanoparçacıklar, görüntüleme (örneğin manyetik rezonans görüntüleme [MRI] ve ultrason), madde taşınması (örneğin modifiye edilmiş bir fulleren, klinik denemelerde anti-HIV maddesi olarak kullanılmaya başlanmaktadır) dâhil olmak üzere çeşitli alanlarda kullanılmaktadırlar. İlaçları nanoparçacıklarla formüle etmek ayrıca çözünürlüklerini geliştirebilir (birçok ilaç, suda fazla çözünmemeleri nedeniyle pazarlanmamaktadır), mide asidi ve enzimlere dayanırlıklarını artırabilir (ince bağırsaktan daha fazla emilim sağlayabilir) ve olan kontrollü bir salınım (dakikalar ya da saatler içinde değil, günler boyunca) olarak tanıyabilir. Nanotüpler, hem “konteyner” hem de hücrelere “nanoenjeksiyon” gerçekleştirecek potansiyel sistemler olarak, madde taşınması için kullanılabilecek bir diğer mekanizmayı temsil etmektedirler.
- Hipertermi tedavisinde, manyetik parçacıklar biyolojik türlerle kaplanır ve kanserli alanlara enjekte edilir. Kaplayıcının moleküler yapısı, yalnızca kanser hücrelerinin parçacıkları soğurmalarına neden olur. Bundan sonra dış manyetik alan kullanılarak parçacıklar aktive edilir ve bu da kanserli hücrelerin ısınıp ölmelerine neden olur. Bu yöntem, gelecek birkaç on yıl için, en fazla ümit vaat eden kanser tedavi yöntemidir.
- Örneğin titanyum alaşımı nanokompozitleri ameliyat gereçleri ve implantların biyouyumluluklarını ve uzun ömürlülüklerini geliştirmek için kullanılabilir.
- Nanoyapılı yüzeyler hücresel tutunmayı geliştirebilir (örneğin yüzeyleri nanoölçekli oluklarla oymak ya da AKM gibi aygıtlar kullanarak yüzeyleri hücrelere bağlanan moleküllerle donatmak) ve hücreleri, belirlenmiş yapılar oluşturmak üzere büyümeye yönlendirebilir. Yapı iskeleleri olarak görev alacak biyoparçalanabilir polimerler dâhil edilerek, bu yapılar üç boyutlu

dokular oluşturmak üzere toplanabilir. Nanoyapılandırma ayrıca, implantlar için antimikrobiyel kaplama sağlamak için de kullanılabilir.

- Tıbbi gereçleri ya da diğer parçaları sterilize etmek için nanomalzemelere dayalı olan antimikrobiyel malzemeler (örneğin polimer tüplere katılmış gümüş ya da titanyum dioksitle kaplanmış yüzeyler) kullanılabilir.

Orta vadede, yeni tıbbi tedaviler beklenmektedir, örneğin kan akışında, vücudun belirli bir bölgesine ilaç taşıyacak olan kendi kendini düzenleyebilen içleri boş küreler gibi. Molekül boyutundaki “konteynırlar” ya da “kafes bileşikler” (örneğin fullerenler ya da dendrimerler) de ilaç taşıma ve hedefleme amaçları için önemli olacaktır. Bunun yanında ek olarak manyetik parçacıklarla ya da antikorlarla birleştirme yoluyla dışardan kontrol dahi mümkün olacaktır. Günümüzde enjekte edilerek kullanılabilen insülin ve serum, nanomalzemelerin yardımıyla ağız yoluyla alınabilir hale gelebilir.

Uzun dönemde nanoteknolojiler, bireylerin DNA’larının hızlı bir şekilde sıralanmasını (nano-sıralama) sağlayabilir ve dolayısıyla bir hastalığa olan genetik yatkınlık, ilaç toleranssızlığı ve ilaç metabolizma hızlarının tayin edilmesine yardımcı olabilir. İlaç taşıması ya da görüntüleme uygulamaları için, tek tek vücuttaki hücreler moleküllerle hedeflenebilecektir. Çip üstü laboratuvar aygıtlarındaki gelişmeler sonucunda, hastalardaki rahatsızlıklar daha hızlı teşhis edilebilecek ve aynı zamanda benzer aygıtlarla hastanın hayatı belirtileri daha iyi gözlenebilecektir. Zarar görmüş vücut parçaları, doku mühendisliğindeki (kliniklerdeki biyoreaktörlerde büyütülmüş olan fizyolojik dokular ve organlar) gelişmeler sayesinde değiştirilebilecek ve gelişmiş implantlar, hastaların görme ve işitme yetilerini yeniden kazanmalarını sağlayabilecektir. Daha da fazla hayal gibi görünen ve özellikle ABD’ nin üzerinde durduğu bir yaklaşım, nanoteknolojiyi, geliştirilmiş insan-makine arayüzleri, yapay uzuvlar, elektronlarla nöro-bağlama vs. yoluyla insan performansını geliştirmek için kullanmaktır. Elde edilecek kazanımlardan bazıları, iş gücü verimini ve öğrenmeyi geliştirmek, bireysel algılama ve kognitif kapasiteleri geliştirmek, sağlık bakımında devrim niteliğinde olan değişiklikler yapabilmek, hem bireysel hem de grup yaratıcılığını geliştirmek, beyin-beyin etkileşimini artırmak gibi oldukça etkili iletişim teknikleridir.

ENERJİ VE ÇEVRE

Enerji araştırmaları gittikçe daha da fazla önem kazanmaktadır; özellikle geniş çaplı anahtar AB politikalarının (örneğin enerji tedarikinin çeşitlendirilmesi ve güvenlik, iklim

değişikliği ve hava kirliliğiyle mücadele, enerji pazarının özgürleştirilmesi, sürdürülebilir gelişme, endüstriyel rekabet, bölgesel gelişme ve uyum vs.) desteklenmesi açısından önemlidir.

Nanoteknoloji tüm enerji sektörü (üretim, depolama, dağıtım ve kullanım) için umut vaat eden potansiyellere sahiptir. Ayrıca dünyanın enerji kaynaklarından yararlanma yollarında değişiklik yapabilmemizi sağlama potansiyeline de sahiptir.

Enerji Üretimi

Nanoteknoloji, en fazla yenilenebilir enerji kaynakları için umut vaat etmektedir. Diğer yandan, maddenin atomik ve moleküler seviyede tam kontrolü, plastik gibi ucuz bir sübstratın üzerine aktif bir malzemeden ince bir katman oluşturularak daha ucuza üretilebilecek olan ve dolayısıyla da maliyet etkinliği olan güneş PV (camdan çok daha ucuz ve çok daha hafiftir) gibi yenilenebilirler için bir gerekliliktir.

PV' lerde cam, maliyet açısından kısıtlayıcı olan faktördür ve bu nedenle de PV' ler alanında, camla önemli bir atılım gerçekleştirmek ya da maliyet etkinliği sağlamak gerçekte mümkün olmayacaktır. Örneğin, nanokatmanlar ya da nanoçubuklar içeren güneş pilleri üretmek, tekli-yapılı yüzeyleri daha verimli güneş emicileri (emilen dalga boyunda, kuantum dotlarıyla çeşitlilik sağlama) ve nano-porlu elektrotlar olarak kullanarak, güneşten dönüştürülen elektrik miktarında önemli bir artış sağlayabilir. Bu malzemeler plastik elektroniklerle birleştirilerek yarıiletken polimer fotovoltaikler geliştirilmektedir ve bunlar da özellikle hafiflikleri ve esnek özellikleri nedeniyle avantajlıdırlar. Yakıt pilleri de, nanoyapılı elektrotlar ve elektrolitlerden ve bunların sayesinde elde edilen, nanometre kalınlığında büyütülmüş yüzeyleri olan ince filmlerden yarar sağlarlar.

Enerji Depolama

Enerji depolaması için nanoteknoloji uygulamaları, bataryalar ve yakıt pilleri için nanoparçacıkların ve nanotüplerin kullanılmasını içerir. Nanoteknoloji, yeniden şarj edilebilir bataryaların performanslarının, özel olarak moleküler elektrokimyasal davranışlarının incelenmesiyle geliştirilmesi için kullanılmaktadır. Nanoboyuttaki lityum titanattan yararlanan yeni patentlenmiş olan lityum iyonu bataryaları, günümüzdeki geleneksel bataryalara göre 10–100 kat daha büyük şarj/yük boşaltma hızları sağlayabilir. Birkaç grup, nanoyapılı malzemelerde hidrojen depolanması olanakları (yakıt pili teknolojisine uygulanabilecek olan karbon nanotüpler, nanokristalin magnezyum bileşikler ya da organometalik bileşikler) üzerinde araştırma yapmaktadır.

Çevresel Faydalar

Nanoparçacıklar metalleri daha hafif, daha güçlü ve daha sert yapabilir, seramiklerin şekillenebilirliklerini ve yumuşaklık özelliklerini geliştirebilir. Bunun direkt bir sonucu, aynı malzemelerin enerji, yakıt ve malzeme kullanımını azaltmasıdır. Mekanik sistemlerde, enerjinin çoğu yüzeyler arasındaki sürtünmenin üstesinden gelmek için gereklidir. Nanometre ölçekte nane ölçekli lubrikantların ve yüksek ince yüzey mühendisliğinin kullanımı, enerji ihtiyacını büyük ölçüde azaltacaktır. Ürünlerin malzeme miktarını düşürmek, sürdürülebilirlik açısından anahtar bir husustur. Nanoteknolojideki trendler, temel olarak hammadde ve enerji kullanımını düşürerek, daha temiz endüstriyel üretim ve ürünler için katkıda bulunacaktır. Biyoteknolojiyle beraber nanoteknoloji ve yeni malzemelerin araştırılması, geri dönüşüm ve üretim için daha az enerjiye ihtiyaç duyan ürünlerin geliştirilmesine yardımcı olabilir.

GIDA SEKTÖRÜ

Nanoteknolojinin gıda sektöründe de uygulamaları vardır. Birçok vitamin ve karotinoidler gibi bunların başlatıcıları olan maddeler suda çözünmezler. Ancak ustalıkla üretildiklerinde ve nano parçacıklar olarak formüle edildiklerinde, bu maddeler soğuk suyla kolaylıkla karışabilir ve insan vücudundaki biyo yararlanımları da artar. Birçok gazoz ve meyve suyu, alımlı bir renk de veren bu özel olarak formüle edilmiş olan katkı malzemelerini ihtiva etmektedir. Burada bahsedilebilecek başka yararlı buluş da, nano parçacıklarla güçlendirilmiş, gıdanın taze ve daha uzun zaman korunmasına olanak tanıyan, düşük gaz geçirgenliği olan polimerlerdir. Ayrıca iç ve dış duvar kaplama teknolojileri de, PET şişelerin gaz yoğunluklarını geliştirmek amacıyla -örneğin plazma teknikleri uygulanarak- kullanılmaktadır. Gelecekte ayrıca, biyo ve gaz sensörleri de gıda sektörü için önem kazanabilir. Bu sensörler, gıdanın tazeliğini gözlemek amacıyla paketlenme malzemelerine entegre edilebilir. Gıdanın bozulması sensördeki renk değişimiyle gösterilebilir. Hâlihazırda birkaç kavram bu tür uygulamalara yönelik olarak geliştirilmiştir (örneğin silikon ya da polimer ince filmler).

NANOTEKNOLOJİNİN DÜNYADAKİ DURUMU

Uluslararası rekabetin artması sonucu yüksek katma değerli ürünlere olan ihtiyacın artmasıyla birlikte bilim ve teknolojiye dayalı yeni fikir ve buluşlar ile teknolojik fikirlere sahip girişimcilerin desteklenmesi, Ar-Ge bilincinin yaygınlaştırılması, Ar-Ge kapasitesinin artırılması ve yenilikçi faaliyetlerin teşvik edilmesi ulusal ekonomilerin öncelikli politikaları haline gelmiştir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, nanoteknoloji; dünya çapındaki sosyo-ekonomik faydaları, yeni iş olanakları oluşturma potansiyeli ve yüksek katma değerli tüketim malları üretilmesi açısından gelişmiş ülkelerin politika ve stratejilerinde önemli yer tutmaktadır.

Gelişime açık bir alan olan nanoteknolojinin önemini fark eden ve ileride devletlerarası güç dengesini belirleyeceğini düşünen pek çok ülke bu alanda çok büyük Ar-Ge yatırımları yapmaktadır. Nanoteknoloji alanında önemli projeleri hayata geçiren Amerika Birleşik Devletleri (ABD), bu anlamda diğer ülkelere öncülük edecek birçok Ar-Ge yatırımı gerçekleştirmiştir. Nanoteknolojinin elektronik, tıp, malzeme, savunma gibi birçok endüstriyel alanı yakından ilgilendirmesi ve katkı sağlaması sebebiyle Japonya, Almanya ve Fransa gibi diğer gelişmiş ülkeler de, nanoteknolojiyi öncelikli alan olarak ilan etmiş ve bu alanda yapılan Ar-Ge çalışmalarına önemli miktarda bütçe ayırmaya başlamıştır. Özellikle Almanya ve Fransa bu alanda Ar-Ge merkezleri kurulması ve projelerin geliştirilmesini desteklemektedir.

Giderek günlük yaşamın bir gerçeği haline gelen nanoteknoloji kullanılarak üretilen ürünler, piyasada satılmaya başlamıştır. Örneğin Amerikan otomotiv üreticileri, nanotüpler vasıtasıyla güvenliği artırılmış yakıt ünitelerini uzunca bir süredir kullanmaktadır. Güney Kore ise nanoteknolojinin mikroelettronik alanına yoğunlaşmıştır. Benzer şekilde, elektronik, tekstil endüstrisi gibi değişik nanoteknoloji uygulamaları geliştirilerek yüksek katma değerli ürünler ortaya çıkarılmaktadır.

Ülkeler, nanoteknoloji konusundaki ulusal çalışmaları yönlendirmek üzere çeşitli kurumsal yapılanmalara gitmekte ve kalkınma planlarında nanoteknolojiye önemli bir yer ayırmaktadır. Nanoteknoloji araştırmaları alanında başı çeken ABD, 2000 yılında Ulusal Nanoteknoloji Girişimini (NNI) kurarak örgütlenme alanında da öncü olmuştur.

Nanoteknoloji, Avrupa Birliği'nde ilk olarak 4. Çerçeve Programı ile desteklenmeye başlanmış ve bütçesi devamlı artırılmıştır. 2014 yılına gelindiğinde ise, Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD)'ne üye ülkeler (Avustralya, Avusturya, Belçika, Kanada, Şili,

Danimarka, Finlandiya, Fransa, Almanya, Macaristan, İzlanda, Hindistan, İrlanda, İsrail, Japonya, Lüksemburg, Hollanda, Yeni Zelanda, İsveç, İngiltere ve ABD) nanoteknoloji alanında planlı büyüme için strateji belgeleri hazırlamıştır.

AR-GE HARCAMALARI

Pek çok ülkede nanoteknolojinin öneminin erken kavranmasından dolayı bu alana oldukça yüksek bütçe ayrılmış ve nanoteknoloji bu ülkeler için temel öncelikler arasına alınmıştır. 2004 yılında 8,6 milyar ABD Doları olan dünya geneli nanoteknoloji Ar-Ge harcamaları, 2010 yılında 13,8 milyar ABD Doları'na yükselmiştir. 2014-2020 yılları arasında ise sektörün, % 16,5 büyüme göstereceği öngörülmektedir. Bu sebeple, değişen piyasa koşullarına ve değişen teknolojiye ayak uydurmak zorunda olan dünyanın gelişmiş ülkeleri nanoteknoloji Ar-Ge harcamalarını, artırmaktadır. Avrupa Birliği, Horizon 2020 çerçevesinde, nanoteknolojiye ayrı bir önem vermekte ve nanoteknolojinin de içinde bulunduğu 'Kolaylaştırıcılar ve Endüstriyel Teknolojiler' İçin 13 milyar Avro'nun üzerinde bütçe ayırmaktadır.

Ülkelerin günümüze kadar toplam nanoteknoloji Ar-Ge harcamaları göz önüne alındığında ABD'nin bu konuda öncü bir rol oynadığı görülmektedir. ABD'nin 2014 yılında sadece NNI için ayırdığı bütçe 1,7 milyar ABD Doları'dır. ABD'yi takip eden diğer Ülkeler ise Güney Kore, Almanya, Japonya, Fransa ve Rusya Federasyonudur, Ayrıca, Rusya kurduğu Rusya Nanoteknoloji Birliği (RUSNANO) sayesinde nanoteknoloji konusunda yükselen değer olmuştur, RUSNANO tarafından nanoteknolojiye ayrılan bütçe 2015 yılında 1,5 milyar ABD Doları'na ulaşmıştır. Avrupa Birliği'ne üye ülkeler incelendiğinde, Almanya ve Fransa'nın Ar-Ge harcamaları bakımından, diğer AB ülkelerinden ayrıldığı görülmektedir. Uzakdoğu'da ise, Güney Kore, Çin ve Japonya ön plana çıkmaktadır. Son yıllarda yoğun Ar-Ge çalışmaları gerçekleştiren Güney Kore'de nanoteknoloji çalışmaları için bilişim, iletişim ve enerji sektörleri ön plana çıkmaktadır. Çin'de ise bu alandaki Ar-Ge çalışmaları savunma sanayii alanında yoğunlaşmıştır. Ayrıca ekonomisinin temeli elektronik sektörüne dayanan Japonya'da nanoteknoloji ulusal strateji kapsamında desteklenmektedir.

Ülkemiz 2003-2011 yılları arasında nanoteknoloji araştırma merkezlerine 244 milyon ABD Doları tutarında yatırım yapmıştır. Bu miktar, yıllık yaklaşık olarak 30 milyon ABD Dolarına denk gelmektedir. Bunun yanı sıra, nanoteknoloji projeleri ve firmaları kamu tarafından desteklenmektedir. Ancak, toplam destek tutarlarının OECD ortalamasının altında olduğu görülmektedir.

ÜLKELERİN NANOTEKNOLOJİ STRATEJİLERİ

Nanoteknoloji alanında çalışmalar yürüten ülkeler incelendiğinde; ABD'nin biri 2004 ve diğeri 2011 yıllarında olmak üzere iki adet stratejik plan yayımladığı görülmektedir. Bu stratejik plan en son 2014 yılında NNI tarafından güncellenmiştir. Bu belgede NNI'nın vizyonu 'Teknoloji ve sanayide devrim yapılmasını sağlayacak şekilde, maddeyi nano ölçekte anlama ve kontrol edebilme kabiliyeti olan bir gelecek" olarak belirlenmiştir. Bu vizyona göre NNI; sorumlu ve sürdürülebilir ekonomik faydalar sağlamak, hayatın kalitesini artırmak ve ulusal güvenliği geliştirmek için nanoteknolojinin keşfini, gelişimini ve yayılımını hızlandıracaktır.

Japonya 1990'lı yıllarda yaşadığı krizden sonra ülkenin hızlı gelişiminin ancak bilim ve teknolojiye daha fazla yararlanmak suretiyle olabileceğini kararlaştırmış ve bu alanda beş yıllık politikalar hazırlamaya başlamıştır. Bu politikalardan ikincisi olan "II. Bilim ve Teknoloji Temel Planı 2001-2005" belgesinde dört adet öncelikli alan belirlenmiş ve bunlardan bir tanesinin nanoteknoloji ve malzeme bilimi/teknolojisi olması kararı alınmıştır. Japon hükümetinin açıkladığı üçüncü politika planı olan "III. Bilim ve Teknoloji Temel Planı 2006-2010" belgesinde ise, bu alanda daha yüksek performans elde edilebilmesi için ne yapılması gerektiği üzerinde durulmuştur.

Nanoteknoloji ile üretilen yenilikçi ürünlerin mevcut sektörlerle tanıtılması ve yeni sektörlerin oluşturulmasına teşvik edilmesi Avrupa Birliği'nin temel amaçlarındandır. Bu kapsamda, Avrupa Birliği'nde Horizon 2020 programıyla beraber, Nanoteknoloji Stratejisi hazırlamak üzere farklı nanoteknoloji alanlarında faaliyet gösteren Avrupa Teknoloji Platformları beklenmiştir. Daha sonra bu platformlardan NANO futures Avrupa Ortak Teknoloji Platformu-ATP oluşturulmuştur. Bu platform bir 7. Çerçeve Programı koordinasyon ve destek eylemi projesi üzerinden desteklenerek, 2012 yılı içerisinde yol haritası belgesini hazırlamaya başlanmıştır. İki yıl süren bu proje sonucunda NANO futures 2014-2020 Nanoteknoloji Yol Haritası, ortaklaşa bir şekilde hazırlanmıştır. Bu belge ile daha çok akademi ve sanayiye yönelik bir yol haritası ortaya konması amaçlanmıştır.

Avrupa Birliği ülkelerinden nanoteknoloji çalışmalarına en erken başlayan ülke, Almanya'dır. Almanya, rekabet edebilirliğini sürdürebilmek için Ar-Ge ve yeniliğe büyük önem vermiş ve nanoteknoloji potansiyelini her alanda kullanabilmek için "2015 Nanoteknoloji Eylem Planı" hazırlamıştır. Bu kapsamda nanoteknolojinin bütün yönleriyle güvenli sürdürülebilir ve başarılı bir şekilde yürütülebilmesi için bir platform oluşturmuştur.

Rusya, hammadde ithalatına olan bağımlılığını azaltmak için nanoteknolojiyi stratejik sektörlerden biri olarak tanıtmış ve nanosanayiye desteklemek için 11 milyar ABD Doları tahsis etmiştir. Rusya’da nanoteknoloji alanında, ticari gelişmeyi gerçekleştirmek için kurulan RUSNANO’nun görevi; nanoteknoloji merkezlerinin mükemmelliğini, iş inkübatörlerini ve erken faz yatırım fonlarını içeren nanoteknolojik altyapıyı inşa etmek olarak belirlenmiştir. RUSNANO yatırım projelerini gerçekleştirmek için gerekli olan bilimsel ve eğitimle ilgili programları gerçekleştirmekte ve bunun yanı sıra nanobilim ve nanoteknolojinin tanıtılmasında önemli rol oynamaktadır. RUSNANO’nun 2015 yılı itibariyle ülkede 29 milyar ABD Doları değerinde ürünü piyasaya sürebilecek nanosanayi oluşturabileceği düşünülmektedir. Hükümet bu hedefi başarmak için 2008-2015 yılları arasında nanoteknolojiye önemli miktarlarda bütçe tahsis etmiştir.

Güney. Kore’de nanoteknoloji, hükümet düzeyinde ilk olarak “Kore Ulusal Nanoteknoloji Geliştirme Planları” ile benimsenmiştir. 2001 yılında nanoteknolojide bir Ar-Ge tabanı kurmak için ilk plan hazırlanmıştır. Beş yıl sonra nanosanayi oluşturmak için ikinci plan hazırlanmıştır. Ekim 2010’da Üçüncü Kore Ulusal Nanoteknoloji Geliştirme Planı üzerine halka açık bir oturum yapılmış ve son on yılın başarıları değerlendirilmiş ayrıca gelecek on yılın hedefi duyurulmuştur.

TÜRKİYE’DE NANOTEKNOLOJİNİN DURUMU

Nanoteknoloji alanında dünyadaki gelişmelerin ışığında, ülkemizde de bu alanda başlatılan çalışmaların genişletilip çeşitlendirilerek sürdürülmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, geleceğin teknolojisi olarak kabul edilen nanoteknoloji alanında mevcut gelişmeleri yakalamak, çeşitli ulusal programlar ve yatırımlar ile bu teknolojide rekabet edebilecek düzeye gelmek hedeflenmektedir. Diğer bir önemli amaç ise, gerek kamu kurum ve kuruluşları gerekse özel sektör kuruluşlarınca üniversitelerde yapılan akademik çalışmalardaki gelişmeleri takip ederek üniversitelerle eşgüdümlü bir şekilde çalışılıp nanoteknolojinin geliştirilmesi için gerekli adımları atmaktır.

Nanoteknoloji alanındaki teorik ve deneysel olarak yapılan bilimsel çalışmalar, ülkemizde 2000 yılından itibaren başlamıştır. O yıllardan bu yana nanoteknoloji alanında yapılan çalışmalar, önemli ve kritik olan yeni uygulamalara kapı aralamakla kalmayıp ülkemizdeki eski teknolojilere de yeni bir bakış açısı getirmiştir.

Nanoteknoloji, bilinen diğer teknolojilere kıyasla daha fazla bilimsel araştırmalara gereksinim duymaktadır. Bu da, ülkemizde son yıllarda uygulanan Kamu-Üniversite-Sanayi İşbirliği çalışmalarının, nanoteknoloji alanındaki bilimsel gelişmelerin Ar-Ge çalışmalarına uygulanabilirliği açısından önemini artırmaktadır. Bunun yanında, yüksek teknoloji ürünlerin uluslararası rekabette belirleyici bir faktör olması da nanoteknolojiye duyulan gereksinimi ve bu alanda yapılacak olan çalışmaların stratejik önemini yükseltmektedir. Bundan dolayı, Kamu-Üniversite-Sanayi İşbirliği çerçevesinde nanoteknoloji alanındaki akademik çalışmalar takip edilerek üst seviyede yüksek teknoloji ve katma değeri yüksek ürün ve hizmet geliştirmek temel amaçlardan biri olmuştur.

Dünyadaki gelişmeleri takip etmek ve uluslararası standartları yakalamak için bu alandaki disiplinlerarası işbirliğini güçlendirmek gerekmektedir. Çok geniş bir yelpazeye yayılmış uygulama potansiyeli ile nanoteknoloji disiplinlerarası bir alan özelliği taşımaktadır. Bu özelliği ile nanoteknoloji alanındaki gelişmelerin tüm sektörlerle uygulanabilir olduğu söylenebilir. Bu kapsamda, nanoteknolojinin diğer bilimlerde uygulama alanları aşağıdaki şekilde açıklanmaktadır.

Elektronik ve Bilgisayar Teknolojileri

Malzemelerin elektronik özelliklerinin bilinen klasik fizik kanunlarından ziyade, kuantum fiziği kanunlarına uyacak şekilde boyutlarının nanometre mertebesinde olması

gerektiği düşünölmüştür. Buna göre, elektronik araçların nanometre ölçeklerinde elde edilmesi ile sistemlerin İşlem güçlerinin ve kapasitelerinin arttığı gözlenmiştir. Ayrıca nanoteknoloji kullanımı ile üretilen kuantum bilgisayarları da işlem gücünü oldukça artırmaktadır. Bu anlamda nanoteknoloji bilgisayar ve iletişim alanlarında anahtar rol oynamaktadır.

Havacılık ve Uzay Araştırmaları

Bu alanda yapılan araştırmaların en büyük sıkıntısı, çok maliyetli olmasıdır. Kullanılan malzemelerin ağırlığı maliyetlerin de yüksek olmasına neden olmaktadır. Nanoyapılı malzemelerin; daha hafif, daha sağlam ve ısıcağı karşı daha dayanıldı olmaları bu alanda kullanılması için tercih sebebi olmuştur. Nanoteknoloji alanında yapılan çalışmalar ile malzemelerin ağırlıkları ve dolayısıyla maliyetlerinin düşürölmesi sağlanmıştır.

Tıp Araştırmaları

Hücre, nanoteknobjinin doğadaki İşlevsel karşılığı olarak düşünölebilir. Nanoteknobjinin tıp alanında uygulamaları, insan sağığı için büyük bir yarar sağlamaktadır. Kanserli dokuların yok edilmesinde veya büyümesinin engellenmesinde nanopartiküller kullanılmaktadır. Ayrıca, ilaçların nanorobotlar sayesinde ihtiyaç duyulan bölgeye taşınabilmesi ile sadece hastalığın olduğı hücreler yok edilerek ilacın vücuttaki yan etkileri azaltılabilmektedir. İnsan vücudu içinde hareket eden teşhis araçları ve kemik doku hasarlarında kullanılan implant kaplamaları nanoteknotajinin tıp alanındaki uygulamalarındandır. Bu şekilde, nanoteknoloji ile birlikte tıbbi cihazların kalitesi, güvenliğı ve etkinliğı de artırılmaktadır.

Malzeme Bilimi

Nanoölçekte malzemelerin daha hafif ve daha sağlam olması nedeniyle üretim aşamasında bu malzemelerden az miktarda kullanılması ve daha az enerji gereksinimi, dolayısıyla maliyetin düşmesini sağlamaktadır. Çizilmeye karşı direnç ve kendi kendini temizleyebilme özelliklerinden dolayı nanoölçekte boyalar kullanılarak geliştirilen baskı yöntemleri, nanoyapıda metal, seramik ve polimer malzemeler nanoteknolojinin malzeme bilimi alanındaki uygulamalarındandır.

Çevre ve Enerji

Nanoteknoloji; enerjinin verimi kullanılması, depolanması ve üretilmesi konularında son derece büyük öneme sahiptir. Bu bağlamda, hammadde ve enerji kullanımının azaltılarak daha temiz -sürdürölebilir- üretime katkıda bulunulması temel amaçlardan biridir. Bu şekilde,

çeşitli kaynaklardan gelen atıkların önlenmesi ve daha az atık üreten, çevre dostu üretim sistemleri geliştirilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca doğal dengeyi bozan küresel ısınmaya çare olacağı düşünülen nanoteknoloji, yenilenebilir enerji kaynakları açısından umut vaat etmektedir.

Biyoteknoloji ve Tarım

Nanoteknoloji sayesinde tarımsal ürünlerin mutasyona uğrayarak yeni ve farklı özelliklerde tarımsal ürünlerin geliştirilmesi sağlanacaktır. Yeni ilaçlar, gübre, hastalık direnci yüksek bitki ve hayvanlar, nanoteknolojik çalışmalar ile hayatımıza girmekte ve dolaylı olarak sağlık sektöründeki gelişmelere de katkı sağlamaktadır.

ÜNİVERSİTELER ve ARAŞTIRMASI SAYISI

Disiplinlerarası bir yaklaşım gerektiren nanoteknolojinin tarımdan mühendisliğe, tıptan elektroniğe, tekstilden uzaya birçok alandaki araştırmacılar bu alana ilgi duymaktadır. Başka bir ifadeyle, nanoteknoloji ile farklı alanlar arasındaki sınırın esnek olması, pek çok bilim insanını bir araya getirmektedir.

Türkiye’de bu alandaki araştırmacı sayısı, öğretim üyelerinin birçok alanda birden çalışması ve yine nanoteknolojinin disiplinlerarası bir çalışma alanı olması gibi sebeplerden ötürü tam olarak ortaya konulamamakla birlikte, 2016 yılı itibarıyla Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) Araştırmacı Bilgi Sistemi (ARBİS) içerisinde ilgi alanı olarak nanoteknolojiyi belirleyen öğretim üyesi sayısı 2.366’dır.

NANOBİLİM ve NANOTEKNOLOJİ ALANINDAKİ YAYINLARIN ÜNİVERSİTELERE GÖRE DAĞILIMLARI (2005-2016)

Üniversite	Yayın Sayısı
İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi	327
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	220
İstanbul Teknik Üniversitesi	147
Gazi Üniversitesi	92
Koç Üniversitesi	84
Hacettepe Üniversitesi	83
Atatürk Üniversitesi	75
Ege Üniversitesi	58
Sabancı Üniversitesi	52
Anadolu Üniversitesi	50
İstanbul Üniversitesi	42
Dokuz Eylül Üniversitesi	40
Ankara Üniversitesi	39

Gebze Teknik Üniversitesi	39
Yıldız Teknik Üniversitesi	39
Trakya Üniversitesi	36
Selçuk Üniversitesi	33
Balıkesir Üniversitesi	32
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü	31
Sakarya Üniversitesi	29
Boğaziçi Üniversitesi	27
Erciyes Üniversitesi	26
Karadeniz Teknik Üniversitesi	26
Yeditepe Üniversitesi	25
Dumlupınar Üniversitesi	23
Yüzüncü Yıl Üniversitesi	23
Dicle Üniversitesi	22
Bingöl Üniversitesi	21
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	21
Cumhuriyet Üniversitesi	21
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	20
Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi	20

Yapılan güncel bir Web of Science taramasıyla dünyada en fazla yayının Çin tarafından yapıldığı, bunu sırasıyla ABD ve Japonya'nın takip ettiği, Türkiye'nin ise bu sıralamada 23. sırada yer aldığı tespit edilmiştir. Türkiye'de nanoteknoloji konusunda nitelikli insan kaynağı oluşturmak ve uluslararası düzeyde yeterlilik kazanmak amacıyla çeşitli üniversitelerde lisans ve lisansüstü nanoteknoloji programları açılmaya başlanmıştır. Programlardaki nanoteknoloji eğitimi genellikle; fizik, kimya, matematik ve moleküler biyoloji derslerini içeren çok disiplinli bir öğrenimi kapsamaktadır.

ÜNİVERSİTELERDE NANOTEKNOLOJİ LİSANSÜSTÜ PROGRAMLARI

Üniversite	Bölüm	Öğrenim Seviyesi
Abdullah Gül Üniversitesi	İleri Malzemeler ve Nanoteknoloji	Yüksek L.
Afyon Kocatepe Üniversitesi	Nanobilim ve Nanoteknoloji	Yüksek L.
Anadolu Üniversitesi	Nanoteknoloji	Yüksek L.
Anadolu Üniversitesi	İleri Teknolojiler -Nanoteknoloji	Yüksek L.
Atatürk Üniversitesi	Nanobilim ve Nanomühendislik	Yüksek L.
Bülent Ecevit Üniversitesi	Nanoteknoloji Mühendisliği	Yüksek L.
Cumhuriyet Üniversitesi	Nanoteknoloji Mühendisliği	Yüksek L.
Dokuz Eylül Üniversitesi	Nanobilim ve Nanomühendislik Bölümü	Yüksek L.
Dumlupınar Üniversitesi	Nanoteknoloji	Yüksek L.
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	Nanobilim ve Nanoteknoloji	Yüksek L.
Hacettepe Üniversitesi	Nanoteknoloji ve Nanotıp	Yüksek L.

İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji	Yüksek L.
İstanbul Teknik Üniversitesi	Nanobilim ve Nanomühendislik	Yüksek L.
İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi	Nanobilim ve Nanoteknoloji	Yüksek L.
Mersin Üniversitesi	Nanoteknoloji ve İleri Malzemeler	Yüksek L.
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Nanobilim ve Nanoteknoloji	Yüksek L.
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	Mikro ve Nanoteknoloji	Yüksek L.
Sabancı Üniversitesi	Nanoteknoloji	Yüksek L.
Selçuk Üniversitesi	Nanoteknoloji ve İleri Malzemeler	Yüksek L.
TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	Mikro ve Nanoteknoloji	Yüksek L.
Trakya Üniversitesi	Farmasötik Nanoteknoloji	Yüksek L.
Uşak Üniversitesi	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji Mühendisliği	Yüksek L.
Atatürk Üniversitesi	Nanobilim ve Nanoteknoloji	Doktora
Bülent Ecevit Üniversitesi	Nanoteknoloji Mühendisliği	Doktora
Eskişehir Osmangazi Üniversitesi	Nanobilim ve Nanoteknoloji	Doktora
Hacettepe Üniversitesi	Nanoteknoloji ve Nanotıp	Doktora
İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi	Malzeme Bilimi ve Nanoteknoloji	Doktora
Mersin Üniversitesi	Nanoteknoloji ve İleri Malzemeler	Doktora
Ondokuz Mayıs Üniversitesi	Nanobilim ve Nanoteknoloji	Doktora
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	Mikro ve Nanoteknoloji	Doktora
Selçuk Üniversitesi	Nanoteknoloji ve İleri Malzemeler	Doktora
TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	Mikro ve Nanoteknoloji	Doktora

NANOTEKNOLOJİ ARAŞTIRMA MERKEZLERİ

Türkiye'de nanoteknolojiye yönelik Ar-Ge faaliyetleri; üniversiteler bünyesinde kurulan araştırma merkezlerinde, kamu kurumları desteğiyle' kurulan merkezlerde ve birçok disiplinden araştırmacıların yer aldığı lisans, yüksek lisans ve doktora programları kapsamındaki çalışmalarda yürütülmektedir.

Bu alandaki Araştırma Merkezlerinin bünyesinde gerçekleştirilen çalışmaların temel amacı, bilimsel olarak geliştirilen yeni yöntemlerin sanayiye aktarılması ve böylece ekonomiye katkı sağlanmasıdır. Bu anlamda, kurulan bu merkezler Kamu-Üniversite- Sanayi işbirliği açısından ülkemiz için büyük önem taşımaktadır.

Üniversite	Araştırma Merkezi
Adnan Menderes Üniversitesi	Nanoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
Anadolu Üniversitesi	Seramik Araştırmaları Merkezi
Anadolu Üniversitesi	Nanoboyut Araştırma Laboratuvarı
Anadolu Üniversitesi	İleri Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi
Atatürk Üniversitesi	Nanobilim ve Nanoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi	Ulusal Nanoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi	Hareket Algılayıcı ve Mikrosistem Teknolojileri Araştırma Merkezi
Boğaziçi Üniversitesi	Yaşam Bilimleri ve Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi
Cumhuriyet Üniversitesi	Nanoteknoloji Merkezi
Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi	Nanobilim ve Nanoteknoloji Araştırma Merkezi
Dokuz Eylül Üniversitesi	Elektronik Malzemeler Üretimi ve Uygulama Araştırma Merkezi
Dokuz Eylül Üniversitesi	İleri Biyomedikal Ar-Ge Merkezi
Ege Üniversitesi	Güneş Enerjisi Enstitüsü
Erciyes Üniversitesi	Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi
Gazi Üniversitesi	Fotonik Araştırma Merkezi
Gazi Üniversitesi	Nanotıp İleri Teknolojiler Uygulama ve Araştırma Merkezi
Gebze Teknik Üniversitesi	Nano-Manyetizma ve Spintronik Araştırma Merkezi
Gebze Teknik Üniversitesi	Nanoteknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi
Hacettepe Üniversitesi	Nanotıp Bilim Merkezi
İstanbul Teknik Üniversitesi	Mekatronik Eğitim ve Araştırma Merkezi
İstanbul Teknik Üniversitesi	Nano/Mikro Elektro Mekanik Sistemler Laboratuvarı
İstanbul Teknik Üniversitesi	Nanobilim ve Nanoteknoloji İleri Araştırmalar Merkezi

İstanbul Üniversitesi	İleri Litografik Yöntemler Laboratuvarı
İnönü Üniversitesi	Bilimsel ve Teknoloji Araştırma Merkezi
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü	Uygulamalı Kuantum Araştırma Merkezi
Koç Üniversitesi	Micro-nano Teknolojileri Araştırma Merkezi (Yüzey Bilimleri ve Teknoloji Merkezi)
Marmara Üniversitesi	Nanoteknoloji ve Biyomalzemeler Uygulama ve Araştırma Merkezi
Mustafa Kemal Üniversitesi	Teknoloji Araştırma ve Geliştirme Merkezi
Ömer Halisdemir Üniversitesi	Nanoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	Güneş Enerjisi Araştırma Merkezi
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	Merkez Laboratuvarı
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	Mikro Elektronik Mekanik Sistemler Uygulama ve Araştırma Merkezi

NANOTEKNOLOJİNİN TEKSTİL SEKTÖRÜNDE KULLANIMI

Günümüzde kullanıcılara örtünme, süsleme ve kendini ifade etmenin yanında, başta sağlık, güvenlik ve enformasyon alanlarında olmak üzere ek çeşitli hizmetler de sunabilen çok fonksiyonlu akıllı tekstil ürünleri elde etme çalışmaları yoğun olarak sürdürülmektedir. Çalışmaların bazıları prototip aşamasında olup, bazılarının da üretimi sınırlı olarak yapılmaktadır. Akıllı tekstil ürünlerinin insan hayatını büyük oranda kolaylaştıracağı aynı zamanda insan hayatını koruma altına alacağı gelişmelere bakılarak öngörülmektedir.

Tekstilde kullanılan malzemelere nanometre boyutlarında farklı özellikler kazandırılması çok önemli gelişmelere yol açacaktır. Örneğin; çorap ipliğinin gümüş nano parçacıklarla katkılanması, mikrop barınmasını ve kokuyu engelleyecek, suyu iten kumaşlardan elde edilmiş giysiler kirlenmeyeceğinden ütü ve yıkamaya ihtiyaç duyulmayacak. Esnek ve yıkanabilen sensörlerin kumaşa aktarılması ile elbiselerimiz; görecek, duyacak, hissedecek, komut alacak ve enerji üretecek. Kumaş ipliğine, elektronik ve optik özelliklerin kazandırılması ile aydınlatma özelliğine sahip giysiler ve renk değiştiren giysiler elde edilebilecek. Tekstillerde liflere uygulanan çeşitli yüzey işlemleri ile tekstilin özelliği değişebilmekte ve ürüne yeni özellikler kazandırılabilir. Akıllı tekstiller olarak adlandırılan bu teknoloji ile ıslanmayan yüzeyler, kir tutmayan kumaşlar, ısı yalıtımı vb. özellikler kazandırılmaktadır. Bunun dışında renk değiştirebilen veya ısıya, neme duyarlı olan kıyafetlerin geliştirilmesi konusunda çok ciddi çalışmalar sürdürülmektedir.

Günümüzde geliştirilen çok işlevli elyaflar, askeri giysiler, koruyucu hastane elbiseleri, yüksek performanslı spor giysiler gibi bir çok alanda uygulanmaktadır. Çevresel değişimleri algılayarak renk, gözenek ve kalınlık özelliklerini bunlara göre değiştirebilen, mikropları öldüren, cildi besleyip masaj yapabilen, bazı ilaçların deriden vücuda verilmesini sağlayan akıllı tekstiller gibi günümüzde örnekleri görülmeye başlayan; çok boyutlu ve çok yönlü akıllı tekstillerin üretiminde önemli gelişmeler yaşanması beklenmektedir. Bu tür akıllı ve çok fonksiyonlu tekstillerin üretiminde "nonwoven" üretim teknolojileri de daha fazla kullanılmaya başlayacak; fiziksel özellikleri, kullanım özellikleri ve görünüm açısından dokuma ve örme kumaşlara eşdeğer olan "nonwoven" kumaşların üretimi mümkün olacaktır. Teknolojik ilerlemeler sonucunda maliyetlerin düşmesiyle yakın bir gelecekte akıllı tekstil ürünlerinin günlük hayatta kullanımının yaygınlaşması beklenmektedir.

Orta vadede akıllı tekstil ürünlerinin pazar değerinin milyarlarca dolar seviyesine ulaşacağı tahmin edilmektedir. Akıllı tekstiller alanındaki gelişmelerle birlikte ortaya çıkacak

çok yönlü ürünler için dünyada çok önemli pazarlar elde edilebilecek tekstil ve hazır giyim alanındaki talep yapısı değişebilecektir.

Nanoteknoloji ile üretilecek bazı hazır giyim ürünlerinin gelecekteki kullanım alanları ile ilgili tahminler şunlardır.

- Güneşten aldığı enerjiyi depolayan sensörler eklenen giysiler,
- Bilgi elde edebilen ve iletebilen sensörlerin eklendiği giysiler,
- Yaraların iyileşmesine yardımcı olan giysiler,
- Kendi kendini onaran giysiler,
- Yer çekimine karşı koyabilme özelliği olan giysiler.

Nano Teknoloji ile Sağlık Alanında Kullanılmak Üzere Geliştirilmiş Giysiler

- Açık yaraların tedavisine yardımcı olan giysi,
- Alev almayan giysi,
- Mantar gibi cilt hastalıklarından koruyan giysi,
- Giyildiğinde vücuda masaj yapan giysi,
- Anti alerjik ve antibakteriyel giysi,
- Güneşin zararlı ışınlarından koruyan UV filtreli giysi.
- Vücudun elektrik dengesini düzenleyen giysi,
- Vücudun doğal nem dengesini koruyan giysi,
- Isıyı emerek depolayan ve ihtiyaç anında serbest bırakan sıcaklık düzenleme teknolojisi,
- Serinletici ve stres azaltıcı giysi,
- Baş ağrıları için ağrı kesici etki yapan bereler,
- Vücudun otuz hayati fonksiyonunu 24 saat boyunca ölçen ve beklenmeyen bir değişiklik olduğunda gerekli kişileri haberdar eden giysi,
- Aloe-vera kapsülleriyle bezenmiş her yıkamada koku yayan giysi,
- Ani bebek ölüm sendromuna karşı bebeğin soluk alışı durduğunda haber veren giysi.

Nanoteknoloji ile Elde Edilen ve Kullanım Kolaylığı Sağlamak Üzere Geliştirilmiş Giysiler

- Çelikten beş kat daha sağlam, darbeleri emme özelliğine sahip giysi,
- Kirlendiğinde kendi kendine temizleyen giysi,
- Yüksek esneme halinde dahi formunu koruyan giysi,
- Kolay yırtılmayan ve buruşmayan giysi,
- Su geçirmeyen giysi,
- Leke ve koku tutmayan giysi,
- Eskimeyen ve renkleri solmayan giysi,
- Çabuk kuruyan giysi.

Nanoteknoloji ile Estetik Özellikler Kazandırılmış Olan Giysiler

- Hava sıcaklığına göre kolları kısalan giysi,
- Şekil ve renk değiştiren giysi,
- Renk, koku ve görüntüleriyle farklı imajlar veren giysi,
- Selülit önleyici bakım yapan giysi,
- Vücuda tam uyum sağlayan giysi.

Nanoteknoloji ile Askeri Alanda Kullanılmak Üzere Geliştirilen Giysiler

- Kamufraj,
- Dışarıdan bir tehlike algıladığı anda sertleşerek zırha dönüşen giysi,
- Kimyasal tehlikeleri algılayan ve bu tehlikelere karşı uyarı ve koruma duvarı oluşturan giysi,
- Görünmezlik sağlayan giysi

Nanoteknoloji ile Giysilere Eklenen Elektronik Özellikler

- Mp3 çalar,
- Cep telefonu şarj edebilme,
- Vücut aktiviteleriniz hakkında bilgi verme,

-Bluetooth ve kablosuz iletişim ağı,

-Oda sıcaklığına göre renk değiştirme özelliği.

En genelde tekstil malzemelerinde nanoteknoloji uygulamaları temelde iki başlıkta incelenebilir:

-Farklı fonksiyonlara sahip nanoboyutlarda yeni tekstil malzemeleri üretmek: Bu ürünler; nanolifler, nanotüpler ve nanokompozitlerdir.

-Tekstil materyalinin var olan fonksiyonları ile performanslarını nanoteknoloji yardımı ile geliştirmek: Bu iki şekilde gerçekleştirilebilir:

- Lif, iplik veya kumaş yüzeyine farklı özellikler kazandıran nanopartiküller, nanokompozitler vb. eklemek,

- Atom ve moleküllerin yerleri ile oynayarak, ileri teknolojilerle (plazma, sol-jel vb.) ile kaplama yaparak yeni/fonksiyonel yüzey tabakaları elde etmek.

Tutum, mukavemet, hava geçirgenliği, ıslanma gibi fiziksel ve mekanik özellik kaybının az olması, düşük kimyasal kullanımı ve düşük enerji maliyetleri nanoteknolojinin tekstil ve giysi uygulamalarında kullanılmasının sebepleridirler.

Isı, ışık, basınç, kimyasal gibi çeşitli dış etkilerdeki değişmelerle renk değiştiren ürünler geliştirilmiştir. Bu ürünler dekoratif amaçlı kullanılabilirler. Ayrıca bu ürünler nabız, sıcaklık, tansiyon gibi vücut fonksiyonlarındaki değişmeleri belirleyip kullanıcıyı uyarmak amacıyla da kullanılabilmektedirler.

Gerektiğinde ilaç veren, mikroorganizmalardan ve zehirli gazlardan koruyan, güzel koku veren, yaraları tedavi etmeye yarayan, aromaterapik ürünlerle insanların kendilerini daha iyi hissetmelerini sağlayan tekstil ürünleri şimdiden piyasaya sürülmeye başlanmıştır.

Özel polimerler sayesinde terin emilip vücudun kuru kalmasını sağlayan giysiler şimdiden geliştirilmiştir.

Greenyarn LLC isimli şirketin geliştirmiş olduğu Ecofabric, bambukarbon nanoparçacıklardan üretilmektedir. Bu dokuma malzemesi bakteri ve mantar tutmama gibi özelliklerinin yanı sıra, deodorant salgılamaktadır, kızılötesi radyasyonu emmektedir ve yaymaktadır, ısıyı düzenlemektedir ve statik elektrik birikimini engellemektedir. Ayrıca kan dolaşımını düzenlemektedir ve metabolizmanın doğru çalışmasını sağlamaktadır. Ecofabric'

ten üretilen ürünler vücut ile temasta havlu hissi uyandırmaktadırlar ve teri çok hızlı bir şekilde dağıtmaktadırlar. Bu malzemeden üretilen dirsek koruyucu, tenisçi dirseği gibi kemik hastalıklarında dirseği koruyucu ve tedavi edici bir özelliğe sahiptir.

Goodweave Textiles Co. Ltd tarafından üretilen nanogümüş antibakteriyel ve deodoranlı ayakkabı tabanları, ayakları terleyen, aşırı koku çıkartan, mantar oluşumuna yatkın ayaklar için pratik bir çözüm getirmektedir. Gümüş parçacıkların bakteri ve mantar tutmama özelliklerinden yararlanılarak üretilen bu ayakkabı tabanlıkları, ayaktaki kan dolaşımını da düzenleyerek kaşıntı ve mantar oluşumu riskini de ortadan kaldırmaktadır. Ayrıca içermiş olduğu deodorant, ayakkabı çıkartıldığında ayaktan hoş bir koku yayılmasını sağlamaktadır.

Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) 21. yy'ın askerleri için nanoteknolojiyi kullanarak “süper üniformalar” geliştirmeye çalışmaktadır. Bu üniformalar, kamuflajı desteklemek üzere renk değiştirme, faz değiştiren malzemeler ile kırık durumda destek vazifesi göreceк biçimde sıkılaşma hatta yapay kas geliştirme ve enerji depolayabilme gibi spesifik özelliklere sahip kumaşlardan (morph fabrics) oluşacaklardır. Bu kumaştaki lifler, ortam sıcaklığı veya hava sirkülasyonuna bağlı olarak daralacaklardır veya genişleyeceklerdir. Nanosensör iliştirilmiş kumaşlar, askerin vücut sinyallerini tıp merkezine ileteceklerdir, kumaştaki entegre iletişim ve dolaşım ekipmanları ile yaralı bir askerin sağlık bilgilerini ve konumunu merkeze bildirerek müdahale hızını arttıracaklardır. Nanoteknoloji ile üretilmiş üniformalar günümüzde kullanılanlardan %80 daha hafif olacaklardır (kağıt ağırlığında ancak hafif ve esnek), ortamdaki biyolojik veya kimyasal tehlike durumuna moleküler düzeyde adapte olarak geçirgenliklerini kaybedeceklerdir. Bu üniformalar, ortamın sıcaklık, ı ışık, hava kalitesi vb. değişikliklerini kolayca fark edeceklerdir, nanokaplamayla geliştirilmiş özel lifler karanlıkta dahi ayırt edilebilir olacaklardır, böylece askerler birbirlerini kilometrelerce uzaktan seçebileceklerdir, karanlık ortamlarda düşmanı ayırt edebileceklerdir.

NANOTEKNOLOJİNİN GELECEKTEKİ DURUMU

İnsanın fiziksel ve düşünsel performansını iyileştirmenin, üretkenliği büyük ölçüde artıracalı bir gerçektir. Bunun için, uzmanlar işe çalışma ortamlarından başlamanın daha doğru olacağını söylüyorlar. Çalışma ortamını iyileştirmek için birçok düşünce geliştiriliyor, taslaklar hazırlanıyor ve uygulamaya konuluyor. Bu, elbette endüstride rekabeti kızıştırıyor; çeşitli ülkelerden firmalar, verimi ve kaliteyi arttırmanın yollarını arıyorlar. Nano ölçekteki nesneler, daha az enerji ve malzeme gerektireceklerinden, nanoteknoloji üretim için en verimli boyutlarda  alışılabileceğinin işaretlerini veriyor. Bununla birlikte, yeni kuşak birleşik teknolojiler, tüketiciler için daha yüksek kalite ve üreticiler için daha düşük maliyet sağlama potansiyeline sahip daha karlı gelişmeler sunabilecek. Örneğin, nanoteknoloji, biyoteknoloji ve bilişsel bilimlerin daha yoğun biçimde kullanılması, atık ve kirliliği azaltacak ve üretim süreçlerinin, üretim bantlarının hızla yeniden hazır hale getirilmesine olanak tanıyacak.

Endüstri ve iş dünyası daha şimdiden, küresel ölçekte ağlarla yeniden yapılanmaya başladı bile. Biyolojinin, nano ölçekte tasarım ve IT denetimiyle birleşmesi, hem model çıkarmaya, hem de müşteri odaklı üretim gelişebilmesi için fiziksel süreçlerin özelleşmesine katkıda bulunacak potansiyele sahip.

İnsan vücudu ve beyniyle ilgili çalışmalar nanoteknoloji, biyoteknoloji, bilişim teknolojileri ve bilişsel bilimler araştırmalarında belki de en çok ses getirecek olanları. Algısal kapasiteyi, biyohibrid sistemi ve metabolik değişmeleri denetlemek ve gerekli müdahalelerle iyileştirmek, insan performansını geliştirmek için öncelikle dikkate alınması gerekenlerden biri. Görme ve işitme engelliler için, modellemeler ya da beyin-makine ara yüzü gibi tıbbi duyuusal implantlar çok büyük kolaylıklar sağlayabilir.

Hücrelerdeki denetim mekanizmalarının, yapılan çalışmalar sonucunda özel dokular, organlar ya da tüm vücuda yayılması mümkün. Dayanıklılığı ve uykusuzluğa direnci arttırıcı ya da metabolizma kritik bir tıbbi durumdayken, kanın oksijeni en iyi biçimde kullanmasını sağlayacak kimi uygulamalar geliştirilebilecek. Bilim adamları, benzer şekilde, hastaların ilaç toleranslarını ölçmeye yönelik gerçek zamanlı genetik testler ve vücuda hormon salımını düzenleyen ve izleyen pankreas görevi gören aletlerle ilgili projelerin de geliştirilebileceğini söylüyorlar. Entelektüel kapasitenin arttırılması, beynin daha iyi anlaşılabilmesini ve işlemlerin simüle edilebilmesini gerektiriyor. İnsan beyninin yapısı, işlevi ve fonksiyon bozuklukları hakkında artan bilgiler, bilişsel kapasiteyi arttırma konusunda yeni olanaklar sağlayabilir.

Yapay bir beyin, belki bu keşifler konusunda bir araç olarak kullanılabilir, özellikle de eğer bilgisayarlar gerçek beynin işleyişine çok yakın simülasyonlar gerçekleştirirlerse.

Nanobilimler ve nano ölçekli hücre biyolojisindeki ilerlemeler yardımıyla, insanın fiziksel ve düşünsel yeteneklerinin ömür boyu sürdürülebilir kılınması kolaylaştırılacak. Gen terapisiyle erken yaşlanma sendromlarının tedavisi yaygınlaşacak ve milyonlarca insana daha uzun ve kaliteli bir yaşam sürme olanağı sağlanacak.

İletişim ve eğitim de bu gelişmelerde önemli yere sahip alanlar. Bilim çevrelerinde, beyinden beyine, beyin-makine-beyin ya da grup etkileşimi gibi yeni iletişim örneklerinin 10–20 yıl içinde gerçek olacağına dair ciddi haberler dolaşıyor. İnsan beyniyle aynı güçteki taşınabilir, hatta giyilebilir bilgisayarlar, her konuda bilgi sağlayabilecek kişisel yardımcılar ya da araçlar gibi davranacak.

NANOTEKNOLOJİDE NASIL BİR ÜRETİM GERÇEKLEŞİR?

Günümüzde kullanılan üretim teknikleri, moleküler anlamda çok kaba tekniklerdir. Döküm, taşlama, tornalama vs. atomların büyük kitleler halindeki hareketlerine dayanır. Yapı taşları olan atomlar tek tek alınıp istenildiği gibi, üstelik de ucuza mal olacak şekilde birleştirilebilir. Bu gelişme özellikle bilgisayar sektöründe önümüzdeki yıllarda kullanıldığında tümüyle daha temiz, daha dayanıklı, daha hafif ve daha hassas ürünlerin üretilmesi mümkün olacaktır.

Nanoteknolojiyle ilgili iki kavram daha vardır; mikro montaj ve kendi kendine çoğalma. Mikro montaja olan ihtiyaç moleküler robot sanayisine olan ilgiyi artırıyor. Bu şekilde moleküler boyutlarda ve hassasiyette robotlar üretilmesi söz konusu olabilecek. Bu nanomakineler aslında günlük hayatta kullanılan aletlerin ve sistemlerin çok küçük birer kopyaları olacaktır.

Nanomakinelere en iyi örnek tüm canlıların hücrelerinde bulunan ve hemen hemen her çeşit proteini üretebilen ribozomlardır. Ribozomlar oldukça küçük organellerdir (sadece birkaç mikro metre küp boyutunda) ve amino asitleri hassas çizgisel bir sırayla arka arkaya dizer ve proteinleri oluştururlar. Bu işlem için ribozomun belirli bir amino asidi seçebilme tekniği vardır. Bunu özel bir tür transfer RNA molekülünün yardımıyla yapar. Ribozomun bu işlemde izleyeceği sıra ona haberci RNA (mRNA) tarafından bildirilir. İşte ribozomların bu işleyiş prensibi, mühendislik alanında uygulanabildiğinde nanoteknoloji hayatımızın her yönüne hitap edecektir.

Nanoteknoloji, benzeri görülmemiş özelliklerdeki yeni aygıtları üretmek için atomların ve moleküllerin bilinen özelliklerini kullanacaktır. Eğer bilim adamları bağımsız atomları ve molekülleri bir yapılanmada belli ölçülerde ve sürede bir araya getirebilirlerse, bu buluş "Programlanabilir kendinden inşa ve türeyen makineler çağı"nın başlangıcı olacaktır.

Nanoteknoloji ile üretim yapabilmek için bilim adamlarının üzerinde çalıştığı üç temel adım vardır:

Bilim adamlarının bağımsız atomları tek tek kontrol edebilmeleri için tek bir atomu tutup istenen noktaya getirebilmeyi sağlayacak bir tekniğin geliştirilmesi.

İkinci adım nano ölçekli gözlem yapabilen, atomları ve molekülleri isteğe göre kontrol etmeye programlanabilen iş makineleri, yani derleyiciler üretmektir. Uygun bir zaman çerçevesinde eşya üretebilmek için trilyonlarca derleyicinin kullanılması.

Üçüncü adım olarak ise, yeterli sayıda derleyiciyi elde etmek için var olanı sayısız kez "Çoğaltmaya", "Kopyalamaya" programlanabilecek çoğaltıcıları geliştirmesi. Otomatik bir şekilde belirli bir ürünü üretmek için bu nanomakinelerin trilyonlarcası bir arada çalışarak alışılmış üretim kalıplarını değiştirecek, üretim maliyetini neredeyse sıfıra indirgeyebilecek, bol üretim yapılabilir ve ürünler hiç olmadıkları kadar ucuz ve sağlam olabilecektir.

Atomları ve molekülleri taşıyacak, yerleştirecek küçüklükteki ilk robot kolun yapılmasıyla nanoteknolojinin ilk aşaması gerçekleşmiş olacaktır. Böyle bir minyatür robot kolun ürettiği robot kollar da kendi benzerlerini ve diğer nano ölçekli aygıtları yapacaklardır. Sayıları trilyonlara ulaştığında da süper nano bilgisayarlar tarafından kontrol edilen bu sürü ile nesneler üretililebilecektir.

NERELERDE KULLANILABİLECEK?

Nanoteknoloji birçok bilim dalını kapsamasına karşın tıp alanında oldukça çarpıcı gelişmelere imkân tanıyacaktır. Uzmanların görüşüne göre; gelecekte mikroskobik robotlar vücudun dolaşım sistemine girerek hücre seviyesinde onarım yapıp hastalıkları iyileştirebilecek. Nano algılayıcılar insan vücudundaki hastalıkları çok önceden saptayarak erken tedavi olanağı tanıyacaktır. Dahası ameliyat esnasında vücudun sadece hastalıklı

bölgesine inen mikroskobik cihazlar; yiyecekleri saran ve bakteriyel bozulma olduğunda rengi değişen alüminyum folyo gibi ürünler elde edilebilecektir. Bu teknolojiyle üretilen minik aygıtlar adeta minik birer denizaltı gibi damarlarımızda dolaşabilecek, yönlendirdiğimiz hücreye alıcıları vasıtasıyla yapışabilecek ve mikro makaslarıyla adeta bir cerrah gibi hücredeki aksaklıkları giderebilecek, hatta DNA üzerinde değişiklikler yapabilecekler.

Bu konuda en çok gelecek vaat eden ise nanomateriyallerdir. Çok hafif ve dayanıklı olacak olan bu materyallerden yapılacak araba, uçak ve uzay araçları ile çok az enerji tüketimiyle daha uzun ve güvenli yolculuklar yapılabilecektir. Ayrıca doğada mevcut olan birçok teknoloji hayata geçirilebilecek örneğin; lotus çiçeği yaprağının hiç ıslanmaması ve kirlenmemesi özelliğinden yararlanılarak kirlenmeyen, ıslanmayan kaşıklar, çatallar, tabaklar, elbiseler üretililebilecektir.

Nanoteknolojinin Uzun Vadede Kullanılacağı Alanlar

- 1) Mikroskobik moleküler bilgisayarlar, enformasyon teknolojisi dünyasında bir devrim yaratacaklardır. Moleküler bilgisayarlar sadece hesap ve işlem yapmayacaklar, aynı zamanda kendilerini de çoğaltabilecekler.
- 2) Bütün eşyalar atomlarına kadar ayrılıp tekrar daha yararlı malzemelerin üretilmesinde kullanılabileceğinden mükemmel bir geri dönüşüm sağlanmış olacak
- 3) Dünyadaki çevre kirlenmesinin önünün alınması ve mevcut kirlenmiş kaynakların otomatik olarak temizlenmesi mümkün olabilecektir.
- 4) Medikal Nanoteknoloji alanında sanal olarak hastalıkların önüne geçilmesi ve yaşlanmanın yavaşlatılması mümkün olabilir. Bir süper bilgisayar tarafından kontrol edilen ve vücudumuzun yapay bağışıklık sistemini oluşturacak nanorobot ordularının üretilmesi; moleküler seviyede hücrelerin tamir edilmesi, DNA'yı işleyebilecek hatta yaşlanmayı durdurabilecek robotların üretilmesi teorik olarak mümkündür.
- 5) Vücuda gönderilecek programlanabilir makinelerin kullanımları çok geniş olabilir. Hatta vücuda ek bir bağışıklık sistemi de kazandırabilirler. Hedef hücrelerin özellikleri programlandığında, mesela grip virüslerine saldırabilir ve bünye hastalanmadan virüs istilasını durdurabilirler. Aynı zamanda vücuttaki her bulguyu rapor edip doktorluk da yapabilirler.
- 6) Asfalt yerine yüksek etkinlikli ve kendini türetebilecek solar hücrelerden oluşan yollar dünyadaki enerji üretimini dörde katlayabilir.

- 6) Moleküler gıda sentezi ile kıtlık ve açlığın önlenmesi mümkün olabilir.
- 7) Nanoteknoloji çevre konusunda da kullanılabilir. Temiz su kaynaklarını kirleten maddeler ayrıştırılabilir, denize dökülen petrol çözülerek temizlenebilir.
- 8) Atom seviyesinde üretim yapılacağından çevreye verilecek zarar minimuma indirilebilir.

REFERANSLAR

<https://blog.quicksigorta.com/teknoloji/nanoteknolojik-kiyafetler-hayatimizi-degistirecek-314>

<https://www.fibre2fashion.com/industry-article/7493/nano-textiles-show-glimpse-of-great-future>

<https://www.lexpera.com.tr/resmi-gazete/metin/RG801Y2017N30185S201723>

<https://www.mediatick.com.tr/blog/nanoteknoloji-nedir>

<https://www.muendisbeyinler.net/nanoteknoloji-nedir/>

http://nanotechnology.over-blog.com/pages/NANOTEKNOLOJNN_GELECE-1428468.html

<http://www.tekstildershanesi.com.tr/makaleler/nano-teknoloji-ve-tekstil-sektorunde-ki-uygulama-alanlari-3762.html>

<http://www.tekstildershanesi.com.tr/makaleler/tekstilin-gelecegi-nanoda.html>