

TÜRÜMÜZÜN GELECEĞİ

Günümüzden 30-40 yıl önce çekilen bilimkurgu filmlerinde, insanların garip formlarda evrimleşeceğine inanan film yapımcıları bile, artık bu düşüncelerinden vazgeçmeye, bizi olduğumuz gibi bırakmaya ve kullanacağımız teknoloji sayesinde birtakım üstünlüklere sahip olacağımıza ikna oldular. Gerçekten de hiçbirimizin birkaç yüzyıl, hatta birkaç bin yıl önce yaşayan insanlardan, en azından gözle görülür biçimde, bir farklılığımız yok. Bununla birlikte, onlardan çok farklı yaşadığımız kesin. Bilim ve teknoloji sayesinde kullandığımız aletler, yaşadığımız mekânlar, birbirimizle olan iletişimimiz gelişirken, aslında biz de geliyoruz.

Günün birinde, insanların kendilerini yenileyebildiği, istedikleri programı kendilerine yükleyebildikleri ve kendi kopyalarını yapabildiklerini düşünelim. Böyle bir senaryoyu düşleyebilmek için bile, yapay zekâ, bilişsel bilimler, bilişim teknolojileri, tıp, biyoteknoloji, nanoteknoloji ve daha birçok bilim dalında şu anda tahmin bile edemeyeceğimiz boyutlarda ilerlemeler, gelişmeler kaydedilmiş olmalı. Belki bir gün bunlara benzer şeyler yaşayabileceğiz ama, bu yazıyı paylaşan bizler ne yazık ki bunları görebilecek kadar yaşayamayabiliriz. Her ne kadar bilimsel ve teknolojik ilerlemelerin hızı kimi zaman başımızı döndürse de, bunların hiçbiri bugünden yarına ola-

cak gelişmeler değil. Yine de hem kendi türümüzün, hem de kullanacağımız teknolojinin geleceği konusunda çalışmalar tüm hızıyla sürüyor.

İnsan evrimi sürüyor mu? Değişmeye devam ediyor muyuz? Bu soruların yanıtları oldukça geniş ve tartışmalı. Tartışmaların kalbindeyse, zaman içinde bir türün kendi içinde meydana gelen değişiklikleri inceleyen mikroevrimle, tanımlanabilir türlerin yok olması ya da yeni türlerin doğması anlamına gelen makroevrim bulunuyor. Tartışılan konu, *Homo Sapiens*'te meydana gelecek değişikliklerle, yeni insan türlerinin ortaya çıkıp çıkmayaacağı.

Coğrafi yalıtım, yeni türlerin doğ-

masını tetikleyen geleneksel mekanizmalardan biri. Bu nedenle, kimi bilimadamları insan evriminin sona erdiğini, çünkü modern dünyada hiçkimşenin insanlığın geri kalanından tümüyle yalıtılmış olarak yaşayamayacağını söylüyorlar. Bununla birlikte, nasıl uygulandığına bağlı olarak, kültür ve teknoloji de bazı insanların diğer insanlardan yalıtılmış bir şekilde yaşamalarına neden olabilir ya da insanları bir araya getirebilir.

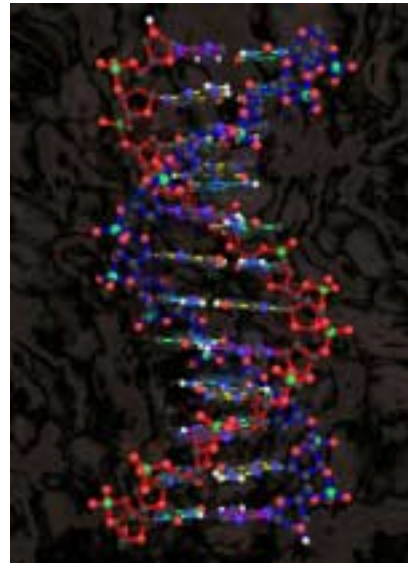
Cornell Üniversitesi'nden Meredith F. Small, her şeyden önce, insanın aslında doğal seçim kurallarını değiştiremediğini söylüyor. Bize sanki tam tersiymiş gibi gelmesinin nedeniyse, sahip olduğumuz kültür ve tıbbi ola-

naklarla, teknoloji sayesinde doğal seçimden etkilenmeyeceğimizi düşünüyor olmamız. Oysa, doğa her zamanki gibi kurallarını işletmeyi sürdürüyor. Evrim, zaman içinde gen aktarımında değişiklikler olması anlamına geliyor. Bir başka deyişle, kuşaklar değiştikçe gen havuzunda da kimi değişiklikler olabiliyor. İnsanların kimi uzun bir hayat yaşarken, kimi erken ölür, kimi de diğerlerinden daha fazla gen aktarımında bulunur. Bu nedenle, zaman içinde gen havuzunda değişiklikler olması kaçınılmaz. Ancak, yine de bu kadar kültürel ve teknolojik müdahalenin gen havuzuna etkisi olmalı. Aslında olmuyor da sayılmaz; bunun en iyi örneklerinden biri, çiçek hastalığı. Milyonlarca insan bu hastalıktan öldü. Bu insanların genleri sonraki kuşaklara pek aktarılamadı; çünkü, birçoğu üreme yaşına gelmeden ölmüştü. Bu nedenle, gen havuzu zamanla bu insanların genlerini yitirdi. Ancak, günümüzde çiçek hastalığı yeryüzünde yeniden görülmeye başlansa da, gelişen tıp sayesinde bu hastalıktan artık kimse ölmeyecek ve hatta hastaların çocukları da olabilecek. Bu da insanın gen havuzuna bir katkısı olarak kabul edilebilir. Bir diğer örnek, gelişmiş ülkelerde ekonomik zenginlik arttıkça doğum oranının düşmesiyle ilgili. Bugün, doğum oranının en yüksek olduğu yerler Latin Amerika, Afrika ve Asya. Buralarda yaşayanlar, hâlâ gen havuzuna en çok katkıda bulunanlar. Birçok kuşak sonra insanlık, gelişmiş ülkelerdekilerden çok bu genlerle karşılaşacak.

Bu nedenle, kültür, gelişme ve tıp gen havuzunun gelişimini değiştirebilir diyebiliriz. Ancak, yine de evrimin ve değişimin gücünü yenmek olanaksız.

M.F. Small "Gelişmiş ülkelerde çok konforlu bir hayat sürüyoruz ancak, yine de ölüyoruz. Bizler, iyi malzemelerle ve yüksek teknoloji sayesinde doğal seçimden kurtulabileceğimizi düşünüyoruz, ama aslında bu bir aldatmaca." diyor.

Her ne kadar evrimin ve doğal seçimin insanlık üzerindeki etkilerinin nasıl olacağı, bizi gelecekte nelerin beklediği bizim için şimdilik çok açık olmasa da, bu konudaki ilgili en çarpıcı sav, erkeklerin akibetinin belirsizliğiyle ilgili ortaya atılan.



Erkekler Yok mu Olacak?

Zaman ayarlı bomba Y kromozomun aleyhine çalışıyor. Milyonlarca yıl önce tarih sanesine çıktığında Y kromozomu 1500 gene sahip bir krallıkken, zamanla krallık küçüldü; şimdi krallıkta yalnızca 40 gen kaldı. Kimi bilimadamlarına göre, 5 milyon yıl içinde o genleri de yitirecek ve Y kromozomu sahnelere veda edecek. Bu olduğundaysa, insanlık erkek olan yarısını yitirecek ve yeniden erkek yaratabilmek için yeni yollar arayacak.

Eğer iki X kromozomuna sahipseniz kadın, bir X ve bir Y kromozomunuz varsa erkeksiniz demektir. Bu kısmı zaten hepimiz biliyoruz. Bilmediğimiz kısmı belki bunun nedeni olabilir. Y kromozomu sahiplerinin erkek olmasının nedeni, Y kromozomunda bulunan SRY geninin, embriyoların erkek olarak gelişmesini sağlaması. Bu cinsiyet sistemi, tüm memelilerde ve benzer sistemler de kimi balıklar, sürüngenler, böcekler, hatta böceklerde aynı.

Cinsiyet, Y kromozomuna bağlı kaderimizin kökeninde bulunuyor olabilir ve üreme de türümüzün devamlılığı için şart. Bu da bize, genetik parazitleri kaçırma ve gelecek kuşaklara geçecek olan zararlı genlerden korunma izni veriyor. Bunu da doğal seçim sayesinde gerçekleştiriyoruz aslında.

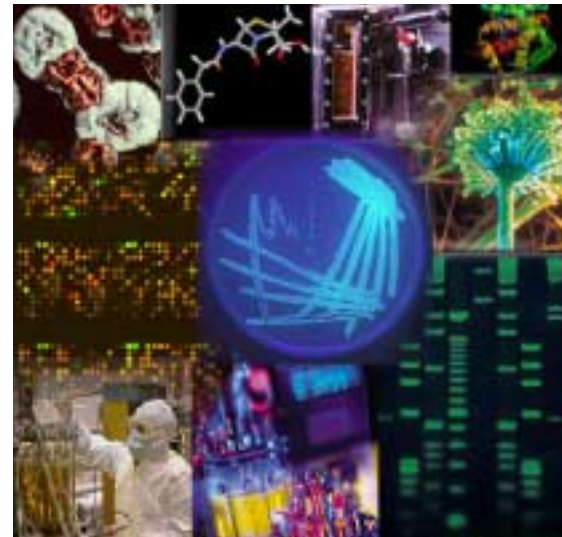
Kural olarak, biri anneden diğeri de babadan gelen her kromozomun iki kopyası sayesinde, yumurta ve sperm oluşurken, bir kromozomun hasarlı bir parçasıyla karşılaşılırsa doğal seçim gereği bu, hatasız olan diğeriyle değiştirilebilir. Ancak, bu aşamada bir sorunumuz var. Uzun evrim sürecinin bir yerinde Y kromozomu, değiştirme yeteneğini yitirmiş.

300 milyon yıl önce evrim, çarkı

döndürmeye başladığında SRY'nin müjdecisi bir gen, sıcaklık gibi etmenlere aldirmeden kendisini taşıyan embriyoyu erkek yapmak üzere değişime uğradı. Bu, cinsiyet gelişimi için yeni bir tetikleyici oldu. Bu değişim, bizim X adını verdiğimiz bir çift kromozomun tekinde gerçekleşti ve kromozom Y olmaya karar verdi. Ne var ki, zaman içinde geçirilen birtakım mutasyonlardan sonra Y kromozomu rekombinasyon özelliğini (iki ayrı DNA molekülünün birleşerek yeni DNA molekülleri oluşturması) yitirmeye başladı. Y kromozomu bu özelliğini yitirirken, geçirdiği mutasyonlarla, taşıdığı genler de hasar gördü. Sonuçta bu durum erkeklerin karşısına bir hayatta kalabilme sorunu olarak çıktı.

Bu işin en önemli şüphelileri, yinelenen elementler olarak bilinen çok eski virüs benzeri DNA parazitleri. Bunlar, yapabildikleri kadar kendilerini kopyalayarak Y kromozomunun taşıdığı genleri yok ettiler. Bu parazitler günümüzde bile kimi erkeklerdeki kısırlığın sorumlusu olarak kabul ediliyor. Bir diğer neden olarak da, sonraki kuşaklara sperm yoluyla geçtiği için Y kromozomunun mutasyona elverişli olması gösteriliyor. Newcastle Üniversitesi'nden John Aitken, 30 yaşındaki bir erkeğin spermindeki DNA'nın bir yumurtadakinden 350 kez daha fazla kopyalandığını ve her bir kromozom kopyalandığında kromozomdaki hataların da kopyalandığını, bunun da genetik mutasyona yol açtığını söylüyor.

Durum böyleyken, hepimizin aklında aynı soru beliriyor "Peki, Y kromozomu son selamını verdikten sonra ne olacak? İnsanlık yenilecek mi, yoksa





tek başlarına kalan kadınlar erkeklere gerek kalmaksızın dünyaya çocuk getirmeyi sağlayacak teknolojiyi mi gerçekleştirecekler?" Marsha Graves'in bu sorulara yanıtı "hiçbiri" şeklinde. Graves'e göre, Y kromozomu işlevini yitirdikten sonra, SRY'nin yerine geçebilecek bir geni barındıran başka bir kromozom evrimleşecek. Bu, aslında görülmemiş bir şey değil; bu tür bir mutasyon iki adet X kromozomuna sahip olduğu halde erkek olan kimi insanlarda görülebiliyor. Ne yazık ki, bu erkekler doğal olarak kısır; çünkü, erkeklerin üreme yeteneklerini sağlayan genleri taşıyan kromozom Y. "Ama bu durum değişebilir" diyor Graves. Her ne kadar Y kromozomu üzerindeki genler şimdilik üreme için gerekli olsa da, bu genler bozuldukça genomda bir yerlerde onların yerini alabilecek yenileri evrimleşebilir. Bu da erkeklerin üremek için gereksinim duyduğu genlerin 5 milyon yıl daha başka bir kromozomda sıralarını bekleyecekleri anlamına geliyor. SRY'nin aslında çok eski bir gen olan SOX₃ adlı bir genden evrimleştiğini biliyoruz. Bu da bize, SRY'nin yerine geçebilecek bir başka genin yine SOX ailesi tarafından üretilebileceğini söylüyor. Elbette, bunun için çok sayıda mutasyonun gerçekleşmesi gerekiyor.

Bilimadamları, soyumuzu yok olmaktan kurtarsak bile, insanlık eskisi gibi olamayacak savındalar. Bu sava göre, SRY'nin yerini alacak gen, kim bilir dünyanın hangi köşesinde ortaya çıkacak ve bu yeni geni taşıyan bir avuç insan, türümüzün devamlılığını sağlayacak. Bu sava dayanarak, yeni gen eğer Afrika'daki Rift Vadisi'nde ortaya çıkarsa insanlığın geleceği Masa-

iler'den, Himalayalarda'ki Khumbu'da doğarsa Sherpalar'dan oluşacak diyebiliriz. Bununla birlikte Graves daha da şaşırtıcı bir şey söyleyerek, SRY'nin yerine evrimleşecek genlerin farklı yerlerde ortaya çıkabileceği haberini veriyor. Bu durumda, farklı cinsiyet belirleme mekanizmalarına sahip toplumlardan söz edilebilir. Elbette durum böyle olunca, bunlar arasında üremenin çok zor olacağı da söylenebilir.

Bütün bunlar belki gerçekleşir belki de spekülasyondan öteye gitmez; bir şey söylemek için henüz erken. Ancak, doğa bize bu konuda ışık tutuyor. Doğada Y kromozomlarını yitirmiş olan başka memeliler de var. Örneğin, Ermenistan'ın dağlık bölgelerinde yaşayan bir tür kemirgen. Y kromozomlarını yitiren bu kemirgen, iki ayrı türe ayrılmış. Benzer biçimde, Güney Amerika'da yaşayan bir tarla faresi 8 ayrı türe ayrılmış.

Cambridge'deki Whitehead Enstitüsü ve Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nden Y. David Page ise, bu durumu çok da büyük bir sorun haline getirmek gerek diyenlerden. Page, Y kromozomunun imdadına, başka kromozomlardan iltica edecek olan genlerin yetişeceği yönünde kimi kanıtlara rastlamış. Page'in bulgularından en önemlisi, Y kromozomunda ortaya çıkmış olan ve sperm üretebilen DAZ geni. Bu buluş, felaket senaryolarına bir parça gölge düşürdü elbette. Ama yine de, birçok bilimadamı Y kromozomunun zaman içinde çok kan kaybettiği görüşünde birleşiyorlar. Graves, bu gün 40 geni kalan Y kromozomunun 300 milyon yıl önce 1500 genle yola çıktığını ve 200 milyon yıl sonra Y kromozomuna başka kromozomlardan 500 kadar genin daha eklendiğini söylüyor. Şu anki 40 genin de bu sonradan eklenenlerden olduğunu belirtiyor ve

"Eğer onlar da olmasaydı, Y kromozomunun işi çoktan bitmişti" diyor.

Evrimin bize tam olarak nasıl bir oyun hazırladığını şimdilik kesin olarak bilemiyoruz. Ancak, sahip olduğumuz kültür, bilgi ve bunların sonucunda elde ettiğimiz teknolojik gelişmeler sayesinde insanlığa daha iyi bir gelecek hazırlamak için canla başla çalışıyoruz. Birçok bilim dalı ve disiplin bu amaç uğruna bir araya getiriliyor, ortak çalışmalar yürütülüyor.

Bilim İş Başında

Geçtiğimiz yılın aralık ayında, ABD Ticaret Bakanlığı, Ulusal Bilim Vakfı ve Nanoölçekli Bilim, Mühendislik ve Teknoloji Altkomitesi'nce bir çalıştay düzenledi. Birçok bilimadamı, sanayici ve siyasetçinin katıldığı çalıştayın amacı, insan performansının gelişmesi için yapılması gereken bilimsel çalışmalarını tartışmak, işbirlikleri kurmak ve 20 yıllık bir iş planı çıkarmaktı. Çalıştayın ardından yayımlanan yaklaşık 400 sayfalık sonuç raporunda, birçok bilimadamı ve sanayicinin insan performansını geliştirmek amacıyla, bilim ve teknolojiden beklentileri, planları ve uygulamaya geçirecekleri çalışmalar hakkında geniş ve kapsamlı bilgilerin sunulduğu makaleler bulunuyor.

Raporda da tartışıldığı üzere, nanoölçekli ve oldukça karmaşık bir sistem olan insan beyninin yapısı ve davranışlarını anlamak üzerine kurulu bilim ve teknolojinin doğuşunun eşliğindedir. Nanoteknoloji, biyoteknoloji, bilişim teknolojileri ve bilişsel bilimlerden oluşan yeni "insan teknolojileri" bir araya getirilmeye çalışılıyor. Kısaca NBBB (nanoteknoloji, biyoteknoloji, bilişim teknolojileri ve bilişsel bilimler) olarak adlandırılan bu birleşik teknolojinin amacı, etik ve toplumsal gereksinimler göz önünde tutularak, insanın yeteneklerinin, toplumsal kazanımların ve yaşam kalitesinin artırılması.

Bu teknolojilerdeki hızlı ilerlemeler, hem insan performansını, hem de üretkenliği artıracak potansiyele sahip kabul ediliyor. Çalışma verimi, öğrenme, algılama ve bilişsel yetenek artışı, sağlık, beyinler arası etkileşim, kişisel kullanım ya da endüstride kullanmak için insan-makine arayüzü üretimi,



sürdürülebilir kalkınma ve beyin yaşlandıkça fiziksel ve bilişsel performansındaki düşüşü geriletme gibi konularda ilerlemeyi içeren sonuçlar amaçlanıyor.

Atomların, karmaşık yapıları oluşturabilmek için bir araya geldikleri ve bunun da bilinen organik ya da inorganik yapılara dönüştüğü gerçeğini anlamının, bilimadamlarının ufkunu genişlettiği bir gerçek. Bu sayede teknoloji, doğal süreçleri tekrarlamak, nanoölçekte yeni malzemeler, biyolojik ürünler ve makineler üretmek amacıyla kullanılabilir. Aynı ilkeler bize, nöronlar ve bilgisayar bileşenleri gibi mikrosistemleri ve insan metabolizması gibi makrosistemleri anlayabilme ve istediğimiz zaman denetleyebilme olanağı da sunuyor.

Bilimsel gereçler, analitik yöntemler ve yeni materyal sistemlerini içeren NBBB, daha önce birbirlerinden ayrı olan bilim dalları ve teknolojiler arasında ilerleme sağlayabilmek için bir anahtar görevi görüyor. Bu bilim dallarının bir araya getirilmesiyle yapılacak çalışmalar, aslında uzun vadede birçok amaca yöneliyor. Bunların başında, toplumsal üretkenlik ve refah düzeyinin artırılması ve ekonomik büyümenin sağlanması geliyor. Ayrıca, doğal ve insan kaynaklı afetlerden korunma; bireysel ve grup performansıyla iletişimin iyileştirilmesi; insan etkinlikleriyle uyumlu teknolojilerin geliştirilmesi; yaşam boyu eğitim, mutlu yaşlılık dönemi, sağlıklı yaşam ve bireysel ve kültürel anlamda insan evrimi konuları çalışmaların ana hedeflerini oluşturuyor. Bilimadamları, temel bilimsel keşfin yeni teknolojilere, endüstrilere ve günlük yaşama uyarlanması en az 10 yıl gibi bir süre gerektirdiğini söylüyorlar. 10-20 yıl içinde bu birleşik teknolojilerin, insanlığın yüz yüze geleceği yeni sorunların çözümüne ve insan yeteneklerinin gelişimine birçok

Nanobiyo İşlemciler

Uzmanlara göre, NBBB birleşiminin sağladığı ilerlemeler, öncelikle insan sağlığını korumak ve performansını iyileştirmek gibi konularda yoğunlaşacak. En kısa sürede sonuç alınacak gibi görünen alansa biyonano işlemciler. Bu işlemciler, üzerlerinde karmaşık süreçlerin programlandığı, insan vücudunun verdiği tepkileri taklit eden ve bu sayede ilgili tedavi yönteminin geliştirilmesine yardımcı olacak çiplerden oluşuyor.

yönden katkıda bulunacağı öngörülüyor.

NBBB ve Hedefleri

İnsan beyniyle makineler arasında hızlı ve geniş bant aralıklı bir ara yüz oluşturmak ve bunu üretimde, askeri araçlarda, yeni spor ve sanat dalları geliştirmede ve insan ilişkilerini iyileştirmede kullanmak NBBB'nin uygulama alanlarından biri. Ayrıca, bu gelişmelerle birlikte, rahat ve üzerimizde taşınabilir alıcılar ve bilgisayarlar sayesinde, hepimiz kendi sağlık durumumuzla birlikte, çevremizde olup bitenler hakkında da bilgi sahibi olabileceğiz. Kaydedilen gelişmelerle, robotlar ve yazılım araçları, zamanla insanların hedefleri ve istekleri doğrultusunda geliştirilecekleri için şimdikinden çok daha işe yarar olacaklar ve yaşamımızı kolaylaştıracaklar.

Bütün bunlar, hem bireysel, hem de topluluk halinde iletişim kurabilme ve kültür, dil, uzaklık ve profesyonel uzmanlık gibi geleneksel engelleri aşma yetileri geliştirmemizde de bize yardımcı olacak.

Bunlara ek olarak, insan sağlığıyla ilgili çalışmalarda da bu teknolojilerden yararlanılacak. Bu sayede, insan vücudunun daha dayanıklı, sağlıklı, enerjik, kolay iyileşebilir ve strese, biyolojik hastalıklara ve yaşlanmadan kaynaklanan yıpranmalara karşı daha dirençli hale geleceği söyleniyor. Teknolojik tedavi yöntemlerinin bir araya gelmesiyle, birçok fiziksel ve zihinsel engel giderilebilecek ve milyonlarca insan için yaşamı güçleştiren engeller ortadan kaldırılabilir.

Dünyanın herhangi bir yerinde, pratik ya da bilimsel bir bilgiye gereksinim duyan herkes anında ve kolayca bilgiye erişebilme şansına sahip olabilecek.

Evlerden uçaklara kadar birçok yapı ve makine, koşulların değişmesine uyum gösterecek, enerji verimliliği ya da çevre dostu olmak gibi birçok özelliği barındıran malzemelerden yapılacaktır. Mühendisler, sanatçılar, mimarlar, tasarımcılar, geliştiri-



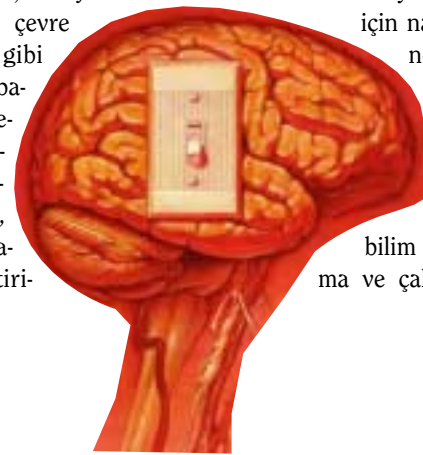
len yeni gereçler ve insanın zihinsel kaynaklarının daha iyi anlaşılması sayesinde çok daha zengin yaratıcılık deneyimleri yaşayabilecekler. Elbette genetik de bu süreçteki yerini alacak; insan, hayvan ve bitkilerin genetik kontrolü, etik, yasal ve ahlaki konularda fikirbirliğine varılmak koşuluyla yaşam kalitesinin artırılmasına katkıda bulunabilecek.

Ulusal güvenlik, yükte hafif bilgide ağır savaş gereçleri, insansız araçlar, uyumlu akıllı materyaller, veri ağları, biyolojik, kimyasal, radyolojik ve nükleer saldırılara karşı etkili ölçüm aygıtları sayesinde güçlendirilebilecek.

Yüzünü uzaya çeviren insanın bu macerasında da çok ciddi ilerlemelerin kaydedilmesi gerekiyor. Bu nedenle NBBB bu konuda da birçok çalışmada üstüne düşeni yapmaya hazırlanıyor. Sonunda etkili uzay araçları ve robot araçlar sayesinde üst uzay bizim için "gerçek bir yer" olacak; Ay'daki ve Mars'taki yararlı kaynaklar keşfedilecek. Bütün bu gelişmeler yaşanırken, sıradan bir insanın bile günlük yaşamında etkili olan bilişsel, toplumsal ve biyolojik ilerlemelerin farkında olmasını sağlayacak hızlı ve güvenilir iletişim sistemleri kurulacak.

Ayrıca tarım da bu gelişmelerden payına düşeni alabilecek. Tarım ve gıda endüstrisinde alınan ürün miktarı artarken, ucuz ve akıllı algılayıcılar sayesinde koşullar izlenerek bitkilerin, hayvanların ve tarımsal üretimin gereksinim duyduğu ortam sağlanarak zarar ziyan azaltılabilecek. Her şey bugünkünden birkaç adım öteye giderken, ulaşımın bu gelişmelerin gerisinde kalması elbette beklenemez. Gerçek zamanlı bilgi sistemleri, verimli araç tasarımları ve yapay malzemeler kullanılarak en iyi performansı elde etmek için nanoölçekte üretilen makineler sayesinde ulaşım güvenli, hızlı ve ucuz hale getirilecek.

Herhangi bir alanda yapılan çalışmalar domino taşları gibi, diğer bilim dallarında birçok araştırma ve çalışmanın tetikleyicisi ola-



cak. Örneğin, genetik araştırmaları, dil süreçleri ilkelere, kültürel araştırmalar da genetik ilkelere yararlanabilecek.

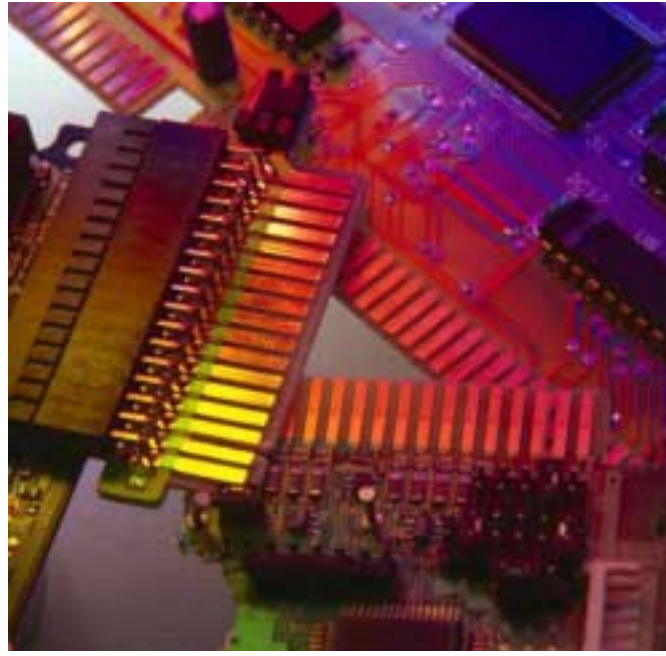
Bilimadamları ve politikacılar, eğer bugünden doğru seçimlerde bulunabilirsek ve doğru yatırımlar yapabilirsek, bir kısmı şimdilik yalnızca tasarım aşamasında olan bu gelişmeleri 20 yıl içinde başarıyla gerçekleştirmem için hiçbir neden yok diyorlar.

Engeller Aşılmalı

Bununla birlikte, her ne kadar çalışmalar tüm hızıyla sürüyor ve ilerlemeler kaydediliyor olsa da, bilimadamları birçok engeli de aşmak zorunda kalıyorlar. Sırasını bekleyen gelişmelerin gerçekleştirilebilmesi için, kullanılmakta olan kimi yöntemlerin yerine yenilerinin geliştirilmesi gerekiyor.

Örneğin, bilişsel sinirbilimde, manyetik rezonans görüntüleme gibi birtakım bilgisayar destekli teknikler sayesinde insan beyniyle ilgili bazı sırların çözülmesinde oldukça yol kat edildi. Ancak, mevcut yöntemlerde, insan için güvenli olduğu düşünülen maksimal manyetik alan kuvveti kullanılıyor. Bu teknikle, beyindeki milimetreküp boyutlarında en küçük yapılar görüntülenebilse de, bu hacim yeterli bulunmuyor. Bu nedenle, görüntü çözünürlüğünü artırmak için, MRI'dan daha fazla bilgi alabilen bilgisayar programları geliştirilmeli ya da biyolojiyle nanoteknolojinin evliliğine dayanan ve beyin yapısıyla, işlevleri konusunda tümüyle farklı, yeni yöntemler geliştirilmeli.

Bilgi teknolojilerindeyse, gelişme büyük oranda işlemcilerin hızında



ilerleme ve elektrik devrelerinin maliyetine bağlı. Bununla birlikte, kullanılan yöntemler fiziksel sınırlarına çok yakın bir yerlere geldiler ve eğer yeni yaklaşımlar geliştirilmezse, ilerlemenin tıkanacağı düşünülüyor. Nanoteknoloji şimdiki teknolojinin izin verdiği ölçüde önümüzdeki 10-20 yıl içinde donanımdaki ilerlemelerin sürdürülebilmesi için gerçekçi umutlar vaat ediyor.

Yazılım programlarının yakın gelecekte geliştirilmesine bağlı olarak durum değişebilir. Ancak, şu an için yazılımdaki ilerlemenin donanımdan daha yavaş olduğu söylenebilir. Bu nedenle, yazılımdaki gelişmeler dört gözle bekleniyor.

Bu konuda gelecek vaat eden inovasyonların, biyohesaplama diye adlandırılan ve genetik gibi, biyolojinin kimi dallarının bir araya getirilmesini içeren yazılım sistemlerine evsa-

hipliği yapan bilim dallarından geleceği düşünülüyor. Bir diğer bilim dalıysa, insan beyninin algoritması ve sinirsel mimarisinin daha iyi anlaşılması sayesinde, bilgisayarcılara yazılım geliştirme konusunda yardımcı olabilecek bilişsel bilimler.

Birçok alandaki buluş ve ilerlemeler, diğerlerinde de ilerlemeleri tetikleyebiliyor. Bilgi teknolojilerindeki gelişmeler olmaksızın, insan genomunun çözülmesi, protein moleküllerinin dinamik yapılarının modellenmesi ya da genetik işlemlerden geçirilmiş ürünlerin doğal çevreye uyumlarının izlenmesi gibi konularda biyoteknolojik ilerlemeler kaydedilmesi çok güç olurdu. Bilgi teknolojileri ve mikrobiyoloji, nanoölçekli yapıları bir araya getirmek için gerekli araçları sağlayabilir. İnorganik nanobilim ve biyolojinin bir araya getirilmesi, bilimsel düşünce üzerine yapılan bilişsel bilim araştırmalarının da yardımcıyla, karmaşık sistemlerin kimyasal süreçlerinin daha iyi anlaşılması ve kavramlaştırılmasına yardımcı olabilir.



Hepsi Birbirine Bağlı

Bilimadamları dört ana alanın, NBBB'deki ilerlemelerin en iyi göstergeleri olacağı görüşünde birleşiyorlar. Üretim, yapım, ulaşım, tıp ve bilimsel araştırmalarda kullanılan malzemeler, araçlar ve sistemler bu konuda ilk alanı oluşturuyor.

Biyoteknoloji ve mikroelektronik çalışmalarının kesişme noktasında, hüresel süreçleri taklit edebilen çip yapabilmek için karmaşık biyolojik işlemleri programlayabilen "biyonano işlemciler" üretebilecek nanoteknoloji ve bilgisayar bilimlerinin birleşimi bulunuyor. Yine bu kapsamda, bilgisayar teknolojilerinin, bilimadamlarına hü-

Teknoloji Bize Ne Kazandıracak?

NBBB'ye, havacılıkta da büyük bir ilerleme kaydedilmesini sağlayacak bir kırtarıcı gözüyle bakılıyor. Nanoyapıdaki malzemeler ve elektronikteki ilerlemeler sayesinde 10-20 yıl içinde uzay araçlarının ağırlığının 3/4 oranında azaltılacağı söyleniyor. İnsanın uzay macerasında önemsiz gibi görünen kimi alt sistemler de aynı şekilde paylarına düşeni alabilecekler. Örneğin, hafif ama dayanıklı ve kendisini onarabilen uzay elbiseleri, yüksek performanslı ama, düşük elektrik enerjisi gerektiren

elektronik donanım ve ucuz ama çok değerli geniş yörüngesel yapılar. Eğer yüksek maliyet ve verimli destek sistemleri sorunları çözülebilirse, insanlık yörünge uzayını, Ay'ı ve Mars'ı kendi çıkarları için kullanabilecek. Birçok bilimadamı ve araştırmacının ortak düşüncesiyse, geleceğin akıllı makinelerinin birçok insansı özellik taşıyacağı ve bu sayede insan davranışlarını yansıtabilen zekâları ve iletişim becerileriyle Pathfinder ya da Voyagerlardan inen ilk insansı yapılar olabilecekleri

Enerji

Enerji ve diğer sürdürülebilir kaynaklar da birleşik teknolojilerin uygulama alanlarını oluşturabilecek. Doğru üretim, biyosistemlere doğru yerleştirme ve IT denetimi, kaynak sağlamayı dengelemeye yardımcı olabilir. İşin önemli olan kısmı, üretilecek karmaşık yapılarda, yenilenebilir olmayan enerji sağlayıcılar ya da az bulunan madenler değil, yaygın olarak bulunan kimyasal elementlerden yararlanılacak olması. Çevre ve biyosistemi anlamaya çalışmak küresel izleme ve sorunlara çözümler bulma da giderek daha çok önem kazanacak.

Enerjinin korunması için planlanan yöntemlerden biri de binalarda uygulanacak. Binaların dış yüzeyleri, değişken sıcaklık, ışık, rüzgâr ve yağış koşullarına göre kendiliğinden renk ve bi-

re içini görselleştirme ve hücrenel nanoyapılarla protein moleküllerini nasıl yönetebildiklerini anlama olanağı sunabileceği söylenebilir.

Algılayıcı sistemler, bilgisayar ve iletişim, özellikle de çeşitli bileşenlerin bir araya getirildiği küresel network sistemlerinin temel ilkeleri de önemli gösterge alanlarından kabul ediliyor. Örneğin, nanoteknoloji, bilgisayar donanımlarında önümüzdeki 20 yıl boyunca hızlı bir ilerleme yaşanması açısından gerekli görülüyor. Biyolojide de, karmaşık dinamik sistemleri ya da çevredeki organik ve kimyasal ajanları anlamak gibi önemli gelişmeler planlanıyor. Bilişsel bilimler, insana bilginin nasıl sunulacağı ve onu en etkili biçimde nasıl kullanacağı konusunda önem-

li değiştirebilecek. Nanoteknoloji malzemeleri ve bilgi teknolojileri yeni, dayanıklı, renk değiştirebilen, sıcak günlerde ısıyı yansıtan, soğukta ısıyı soğuran ev boyaları yapımında kullanılıyorlar. İlerdeyse, bildiğimiz duvarlar, çok geniş bilgisayar ekranları olarak kullanılabilirler. Uyarlanmış malzemeler, enerjilerini elektrik hattından değil, değişik yüzeyler arasındaki ısı değişimlerinden ya da titreşimler (piezoelektrik) yoluyla sağlayabilecekler. Burada önemli olan, mühendislerin nanoölçekte ucuz malzeme kullanabilmelerinin bilişim teknolojileri sayesinde olası kılınabileceği. Ayrıca mimarların, insanın genellikle beklenmedik isteklerini belirleyebilmede bilişsel bilimlere gereksinimleri olacak.

li ipuçları sağlayabilecek.

Akıllı sistemlerin özellikle de insan beyninin yapı, işlev ve işlevsizliklerinin anlaşılması ve bunlar üzerinde yapılan çalışmalar da birleştirici alanlardan sayılıyor. Örneğin, biyoteknoloji, nanoteknoloji ve bilgisayar simülasyonları, tek bir nöronun, özel nöronlara, beynin bölümlerine ve bütün olarak beynin kendisine kadar, dinamik davranışları incelemek için yeni teknikler sunabilecek.

Gelecek Nasıl Olacak?

Peki, bütün bu planların ve kaydedilen gelişmelerin uygulamaları nasıl olacak?

İnsanın fiziksel ve düşünsel perfor-

mansını iyileştirmenin, üretkenliği büyük ölçüde artıracığı bir gerçek. 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 artırmanın yollarını arıyorlar. Nanoölçekteki nesnelere, daha az enerji ve malzeme gerektireceklerinden, nanoteknoloji üretim için en verimli boyutlarda çalışabileceğinin işaretlerini veriyor. Bununla birlikte, yeni kuşak birleşik teknolojiler, tüketiciler için daha yüksek kalite ve üreticiler için daha düşük maliyet sağlama potansiyeline sahip daha kârlı 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, nanoölçekte tasarım ve IT denetimiyle birleşmesi, hem model çıkarmaya, hem de müşteri odaklı üretimin gelişebilmesi için fiziksel süreçlerin özelleşmesine katkıda bulunacak potansiyele sahip.

İnsan vücudu ve beyniyle ilgili çalışmalar NBBB araştırmalarında belki de en çok ses getirecek olanları. Algısal kapasiteyi, biyohibrid sistemi ve metabolik değişimleri denetlemek ve gerekli müdahalelerle iyileştirmek, insan performansını geliştirmek için öncelikle dikkate alınması gerekenlerden biri. Görme ve işitme engelliler için, modellemeler ya da beyin-makine arayüzü gibi tıbbi duymasal implantlar çok büyük kolaylıklar sağlayabilir.

Hücrelerdeki denetim mekanizmalarının, yapılan çalışmalar sonucunda özel dokular, organlar ya da tüm vücutta yayılması mümkün. Dayanıklılığı ve uykusuzluğa direnci artıran ya da metabolizma kritik bir tıbbi durumdayken, kanın oksijeni en iyi biçimde kullanmasını sağlayacak kimi uygulamalar geliştirilebilecek. Bilimadamları, benzer şekilde, hastaların ilaç toleranslarını ölçmeye yönelik gerçek zamanlı genetik testler ve vücutta hormon salınımını düzenleyen ve izleyen pankreas

Tarım

Her ne kadar ülkemizde pek alışılmış bir şey olmasa da, gelişmiş ülkelerde, belki de bugün bilim ve teknolojiye en çok yararlanan gruplardan biri çiftçiler. Nanoteknoloji, biyoteknoloji ve bilgi teknolojilerinin bir araya gelmesiyle yapılan çalışmaların, verimliliği artıracığı söyleniyor. Örneğin, nanoölçekte genetik, mahsülü koruma ve denetlemede etkili olacak deniyor. Ucuz nanobiyoaktifler, büyükbaş hayvanların sağlık ve beslenme durumunu izlemeye, alınan verileri çiftçinin bilgisayarına aktarmaya ve gerekli önerilerde bulunmaya yarayabilecek. Aynı şekilde, tarlalara yerleştirilen alıcılar, sulama ve gübreleme gibi konularda duyulan gereksinimler hakkında bilgi



vererek, savurganlığı engelleyip en verimli ürünün alınmasına katkıda bulunabilecek. Biyo-nano ortaklığı çiftçilere, ürünü iyileştirme ve gübreleme,

tarım ilaçlarının verimliliğini artırma konularında yeni olanaklar sunabilecek.

Nanobiyoaktiflerin kullanımı, satıcıların bayat ürünleri satmasını ya da gerçekte taze olmasına karşın sırf raf ömrü dolmuş görüldüğü için güzelce paketlenmiş ürünlerin çöpe atılmasını da engelleyebilir. Benzer şekilde, tüketiciler de ürünün satın almadan önce bu

bilgilere sahip olabilecekler. Birçok tüketici, ürünlerin içindeki bileşenlerden ya da bir restoranda yedikleri yemekler hakkında yeterince bilgi sahibi olmaktan yakındır. Birleşik teknolojiler sayesinde, yiyeceğimiz şeyin ne kadar sodyum, yağ ya da alerjik madde içerdiğini saptayabilecek, bir kalem büyüklüğünde ya da yüzük şeklinde taşınabilir aygıtlar üretilebilecek.

görevi gören aletlerle ilgili projelerin de geliştirilebileceğini söylüyorlar. Entellektüel kapasitenin artırılması, beynin daha iyi anlaşılabilmesi ve işlemlerin simüle edilebilmesini gerektiriyor.

İnsan beyninin yapısı, işlevi ve fonksiyon bozuklukları hakkında artan bilgiler, bilişsel kapasiteyi artırma 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 nanoölçekli hücre biyolojisindeki ilerlemeler yardımıyla, insanın fiziksel ve düşünsel yeteneklerinin ömür boyu sürdürülebilir kılınması kolaylaştırılacak. Gen terapisinin erken yaşlanma sendromlarını 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 dolaşiyor. İnsan beyniyle aynı güçteki taşınabilir, hatta giyilebilir bilgisayarlar, her konuda bilgi sağlayabilecek kişisel yardımcıları ya da araçları gibi davranacak.

Zihinsel Hastalıklar

Birçok bilimadamına göre, belki de insan performansını geliştirme yolunda karşımızdaki en zorlu konu zihinsel hastalıklar. Geçtiğimiz 200 yıl boyunca psikiyatri, iyimser ve kötümser dönemler arasında gidip gelmiş, bu arada zihinsel hastalıklar konusunda psikolojik, toplumsal, fizyolojik, kimyasal ve genetik kuramlar birbirleriyle çekişmiş. Umuyoruz ki, bütün bu tartışmalar psikolojik ve fizyolojik anlamda zihinsel süreçleri anlamayı sağlayacak şekilde çözülür ve bu bilimsel birleşme, bilgi ve nanoölçekli teknolojilerin desteklediği biyolojik ve bilişsel tedavileri ya da iyileştirmeleri getirebilir. Nanoteknoloji, ilaçları beyinde tam olarak gereksinim duyulan bölgeye bırakabilecek araçları sağlayacak. Bu saye-



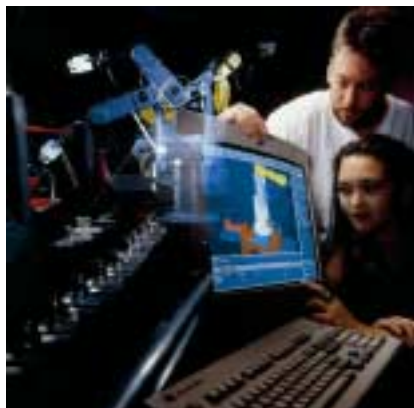
de, sinir sisteminde olası yan etkilerden kurtulacağız. Bilişimin diğer üç bilim dalıyla bir araya gelmesi, bugünkü psikiyatrik kuram ve tedavilerin sistematik olarak evrimleşmesine izin verecek ve uygulayıcılara, en iyi tedavileri geliştirme olanağı sunacak. Aynı zamanda aralarında yakınlık kurulan bu teknolojiler ve robot teknolojilerinden, bilişsel ya da duygusal eksiklikleri karşılayacak yardımcı araçlar geliştirmek de yararlanılabilecek.

Yaşam Beklentisi

Bu teknolojik gelişmelerin ve bilimsel çalışmaların, yaşam kalitesini yükselteceğini ve süresini uzatabileceğini söyleyebiliriz şimdiden.

Biyomedikal perspektiften bu alandaki gereksinimlere bakma yeteneği, çalışmaların organ ve hücre düzeyinden nanoölçek (molekül) düzeyine indirgenmesiyle gerçeklik kazanabilecek. Bu alandaki en önemli noktalardan biri de, ileri bir teknolojik sistem ya da tıbbi tedavinin bir sorunu çözerken, diğer birçok sorun için de çözüm oluşturabilmesi. Örneğin, nanoölçekli akıllı mikroaletler, gerekli işlevleri yerine getirmek üzere kan damarlarında dolaşabilirken, aynı zamanda doku onarımında da kullanabilecekler.

Vücut herhangi bir biyomateryalle temas ettiğinde ya da doku veya eklem görevi görmek için vücuda yapay bir malzeme yerleştirildiğinde, çoğu zaman bir reaksiyonla karşılaşılır; vücut yerleştirilen malzemeyi kabul etmez ve yüksek ateş ya da şiddetli ağrı gibi tepkiler verir. Nanobiyoteknoloji alanında, ameliyatlarda kullanılan ve vücuda yerleştirilen aletleri geliştirmede



önemli çalışmalar yapılıyor. Üretilen aletler, hem kullanılacakları yüzeye biyoyumluğu, hem de hücre hareketini ve gelişimini doğrudan etkileyen kimi nanoölçekli bölgelerde çalışabilecek hale getiriliyor.

Örneğin, Alzheimer ya da Parkinson gibi nörolojik hastalıkların tedavisinde, sinir hücrelerine yerleştirilebilen aletler ve bilişsel bilimlerin sayesinde önemli adımlar atılabilir, yaşam kalitesi artırılabilir. Hem kalp hem de sinir hücrelerine, hücre-elektrod arayüzü için mikro aletler yerleştirilmesi yeni bir uygulama değil. Ancak, yine de bu aletlerin geliştirilmesi için birtakım çalışmalar yapılıyor. Örneğin, uzun süreli implantasyonlarda kullanılacak dayanıklı ve ufak sistemler tasarlanıyor. Mikronaltı arayüz çalışmaları nöronlarla ilgili araştırma alanlarında büyük kolaylıklar sağlayabilir. Uzun dönemde, yerel elektrod ve ilaç salım sistemleriyle kimi koşullar iyileştirilse de bu aletlerin çok uzun yıllar biyolojik ve elektriksel olarak işlevsel bir biçimde vücutta kalması birtakım sorunlar yaratabiliyor. Bu nedenle, hastalıklı dokunun yerine yerleştirilecek elektrodların mikronaltı düzeyde tasarlanması gerekiyor. Yapay organ nakillerinde yaşanan kimi güçlükleri aşmak için de nanobiyoteknolojiye başvuruluyor. Yerleştirilen organın uzun vadede vücuda uyumluluğunu izlemek ve performansını iyileştirip, gerekli ilaç salımı için nanoölçekli biyoalgılayıcıların yapımı gündemde.

Bütün bu bilimsel çalışmalar sonucunda sağlanacak gelişmeler, ayrı ayrı alanlarda yaşamımızı kolaylaştırmaya yönelik önemli adımlar atılmasını sağlayacak. Bu sayede, daha sağlıklı bireyler olacağız, daha iyi tarımsal ürünler elde edeceğiz, daha sağlam ve hızlı iletişim kurabileceğiz, güvenlik sistemlerimiz daha etkili olabilecek... saymakla bitmeyecek gibi görünen bu gelişmelerin tek bir ana hedefi var: İnsan gelişimine ve performansına katkıda bulunmak.

Elif Yılmaz

Kaynaklar
"Converging Technologies For Human Performance", National Science Foundation & Department of Commerce, Haziran 2002
Fox, D., "Decent of Man" *New Scientist*, 24 Ağustos 2002
www.nickbostrom.com/fut/evolution.html
www.sciam.com/askexpert_question.cfm?articleID=000DABB8