

Geleceğin Bilişim Devrimi: DNA Bilgisayarları



Bilgisayarlar konsept olarak icat edildikleri 1822 yılından bu yana çok büyük bir gelişim kaydetti. Hemen hemen her alanda bilgisayarsız bir işlem yapılamaz oldu. Hayatı kolaylaştıran bilgisayarların artan bilgi trafiğine uyum sağlaması için daha hızlı ve güçlü hâle gelmesi de önemli bir konuya dönüştü.

Endüstri 4.0, yapay zekâ, makine öğrenmesi, kuantum hesaplamaları ve bilişim teknolojisi gibi birçok yenilik bilgisayarların işlemci ve grafik kapasiteleriyle orantılı olarak güçlenmeye devam ediyor. Gelişen teknolojilere ayak uydurmak için de yeni bilgisayar konseptleri araştırılıyor. Bu konseptler içinde DNA bilgisayarları öne çıkarak son yıllarda kendini gösteriyor. DNA bilişimi ve bununla bağlantılı olan DNA bilgisayarların bilişim teknolojisinde yeni bir dönemin habercisi olabileceği düşünülüyor.

DNA Bilgisayar için Kullanılabilir mi?

Bilgisayar çipi üreticileri hız rekorlarını kıracak bir sonraki mikroişlemciler için yapılan araştırmaların bir engeli takılmasının kaçınılmaz olduğunu düşünüyor. Silikon mikroişlemciler bir noktadan sonra hız ve minyatürleşme sınırlarına ulaşacağından çip üreticilerinin daha yüksek bilgi işlem hızları üretmek için yeni bir malzemeye ihtiyacı var.

Yeni nesil mikroişlemcileri oluşturmak için ihtiyaç duyulan yeni malzemeler araştırılırken, vücudumuz da dahil olmak üzere canlı organizmaların içinde milyonlarca doğal süper bilgisayar bulunduğu gerçeği bilim insanları için bilişim sorunlarına yeni bir çözüm sunuyor. Genleri oluşturan malzeme olan DNA (Deoksiribonükleik asit) molekülleri, dünyanın en güçlü insan yapımı bilgisayarlarından çok daha hızlı hesaplama yapma potansiyeline sahip. DNA, bilgisayarları daha da hızlandıracak bir biyoçip oluşturmak için bilgisayar çiplerine entegre edilebilir. Aslında DNA molekülleri karmaşık matematik problemlerini gerçekleştirmek için zaten kullanılıyor¹.

DNA'nın dijital verileri depolamak için birçok avantajı bulunuyor. DNA, oldukça kompakt yapıda olma özelliğinin yanında serin ve kuru bir yerde saklanırsa yüz binlerce yıl dayanabilir. İnsanlık DNA'ya veri yazarak geri okuyabildiği sürece DNA çok dayanıklı bir bilişim materyali olma potansiyeli gösteriyor. Columbia Üniversitesinden bilgisayar bilimcisi Yaniv Erlich, "DNA kasetler ve CD'ler gibi zamanla bozulmayacak ve geçerliliğini yitirmeyecek" diyerek bu özelliklerin bilişim sektörünü nasıl olumlu etkileyebileceğini vurguluyor².

¹ <https://computer.howstuffworks.com/dna-computer.htm>

² <https://www.science.org/content/article/dna-could-store-all-worlds-data-one-room>

DNA Bilişimi Nasıl Çalışıyor?

DNA bilişimi, biyomolekülleri elektronik cihazların temel unsurları olarak tanıyan modern bir bilim alanı olarak tanımlanıyor. Bu bilim, kimya, yazılım mühendisliği, hücre genetiği, fizik ve matematik gibi diğer birçok alanla ilgileniyor. DNA bilişimi geleneksel silikon çipler yerine biyolojik moleküllerle bilişimi oluşturmayı hedefliyor³.

DNA, dört farklı molekülün bir arada bulunduğu iplikçiklerden oluşuyor. Bu moleküller adenin (adenine - A), timin (thymine - T), sitozin (cytosine - C) ve guanin (guanine - G) olarak adlandırılıyor. Bilişim dünyasında ise elektronik veriler genellikle 0 ve 1 dizileri hâlinde kodlanıyor. DNA bilişiminde de 00, 01, 10 ve 11 sayı çiftleri A, T, C ve G olarak kodlanabiliyor.

DNA bilişimi tipik olarak bazların birbirine bağlanma şekline dayalı olarak hesaplamalar gerçekleştiriyor. Adenin timinle, sitozin ise guaninle eşleşiyor; örnek olarak ATCG'den oluşan kısa bir iplik, diğer dizilere değil, TAGC'ye bağlanabiliyor.

Özel olarak tasarlanmış dizilere sahip DNA molekülleri birbirleriyle karıştırıldığında bilişimde kullanılan "VE", "VEYA" ve "DEĞİL" gibi mantık işlemlerini gerçekleştiren mantık kapıları olarak hizmet etmelerini sağlayacak şekilde birbirine bağlanıp ayrılabilir. Mantık kapıları, bilişim dünyasında normal bilgisayarların kalbindeki dijital devrelerin yapıtaşları olarak önemli bir yer teşkil ediyor⁴.

DNA Bilişimi Ne için Kullanılıyor?

Her saniye, her saat, her gün ürettiğimiz verilerin bir yere gitmesi gerekiyor. Şu anda üretilen verilerin çoğu bulutta saklanıyor. Bulutta veri depolama günümüzde çok ucuz bir yöntem olarak biliniyor. Ayrıca 2025 yılına kadar üretilen 175 zettabaytlık (1 zettabayte = 1.099.511.627.776 gigabayt) verinin yarısının bulutta depolanacağı tahmin ediliyor. Ancak bir zaman sonra bulut teknolojisinin de yetersiz kalacağı veya yavaşlayacağı düşünülüyor⁵.

DNA Bilgisayarlarının Avantajları ve Dezavantajları

DNA, bir santimetreküpte bir trilyon CD'den daha fazla bilgi barındırabiliyor, bu da onun çok büyük miktarlarda çalışan hafızayı yüksek bir kapasiteyle barındırmasına olanak tanıyor. DNA bilgisayar veya işlemcisi aynı zamanda çok düşük miktarda güç tüketiyor ve eğer hücre içine monte edilirse çalışmak için fazla enerjiye ihtiyaç duymuyor. DNA bilgisayarlarının enerji verimliliği normal bir bilgisayarın 1.000 katından çok daha fazla oluyor³.

Bilim insanları DNA'nın 455 exabyte (1 exabyte = 1 milyar gigabyte) veri tutabileceğini tahmin ediyor. DNA'da günümüze kadar dijital ortama aktarılmış olan her film, bir küp şekerden daha küçük bir hacme sığabiliyor.

Ayrıca DNA sayısız hesaplamayı paralel olarak gerçekleştirebiliyor. Klasik bilişim paralel hesaplamaların en fazla yapılabileceği sınıra hızla ulaşırken, DNA bilişiminin neredeyse hiçbir sınırı bulunmuyor. Bu da DNA bilişimini makine öğrenmesi ve yapay zekâ gibi senaryolar için ultra hızlı ve inanılmaz derecede güçlü kılıyor⁵.

DNA bilişiminden büyük fayda sağlayacak alanlardan biri de veri güvenliği olarak biliniyor. DNA tabanlı kriptografi, büyük ölçüde klasik kriptografi gibi çalışıyor. Özel veya genel bir anahtar kullanan DNA kriptografisi inanılmaz derecede hızlı çalışıyor ve kriptografi anahtarları çok büyük ölçekte olabiliyor⁵.

³ <https://www.ssla.co.uk/dna-computing/>

⁴ <https://spectrum.ieee.org/dna-computing>

⁵ <https://www.pluralsight.com/resources/blog/cloud/what-is-dna-computing-technology>

DNA bilişiminin önündeki en önemli engel ise DNA moleküllerinin herhangi bir yönde akabilmesi olarak değerlendiriliyor. Bu durum programlanmış bilişim işlemlerinde hesaplamalar gerçekleştirmek için mantık kapılarını bir araya getirmeyi zorlaştırıyor⁴.

DNA bilgisayarlarının olası güncel maliyeti de olumsuz bir unsur olarak öne çıkıyor. İnsanların kendi DNA bilgisayarını satın alıp onu verilerle doldurabilmesi için DNA bilişimi maliyetinin oldukça düşmesi gerekiyor. Günümüzde bir megabaytlık veriyi depolamanın ve kodlamanın maliyeti 1 milyon dolara kadar çıkabiliyor.

Ayrıca DNA bilgisayarları birden fazla eşzamanlı işlem gerektiren karmaşık görevlerde çok yüksek performans vadetse de basit ve sıradan bilişim görevleri için silikon bilgisayarlardan daha az verimli olabilir⁵.

Yeni Nesil DNA Bilgisayarı Araştırmaları

DNA bilgisayarlarıyla ilgili çeşitli araştırmalar yapılırken yakın zamanda yayınlanan bir makale bu alanda gelecek vadeden sonuçlar alınabileceğini müjdeliyor. Çinli bilim insanlarının yaptığı bir araştırma⁶ sıvı faz DNA devrelerinden oluşturulan bir DNA bilgisayarının yakın gelecekte kullanım imkânı bulmasını hedefliyor. Bu araştırmada tasarlanan bilgisayar modelinin özellikle hastalıkların tedavi yöntemi araştırmalarında çığır açabileceği düşünülüyor⁴.

Çin'in Shanghai Jiao Tong Üniversitesinden araştırmacılar, genel amaçlı DNA entegre devreleri (DNA Integrated Circuits -DICs) inşa edebileceklerini yaptıkları araştırmada gösteriyor. Bu araştırma, DIC'lerin yazılım programlamaya izin verdiği ve belirli bir işlevi yerine getirecek şekilde sabitlenmediği anlamına geliyor. Bu genel amaçlı DIC'lerin matematik problemlerini çözebildiği ve moleküler biyobelirteçleri tanımlayabildiği de araştırmada gösteriliyor⁷.

ABD'nin Atlanta eyaletinde bulunan Emory Üniversitesindeki araştırmacılar ise bir DNA bilgisayarında paralel işlemeyi hızlandırmanın yollarını arıyor. Selma Piranej, Alisina Bazrafshan ve Khalid Salaita, *Nature Nanotechnology* dergisinde yayınlanan makalelerinde DNA'yı cam boncuklara (glass beads) ekleyerek nasıl kullandıklarını anlatıyor.

Bu araştırmada bilim insanları, DNA'yı son derece küçük ölçekte üretilen cam boncuklara kaplama olarak uygulayarak bir DNA bilgisayarı oluşturma konusunda yeni bir yaklaşım ortaya koyuyor. Araştırma uygulamasında, cam boncuklar, DNA kaplamasının çipin yüzeyine yapışan moleküllerle nasıl etkileşime girdiğine bağlı olarak ya bir altın tabanın yüzeyi boyunca yuvarlanıyor ya da sabit kalıyor. Araştırma senaryolarında bilişim dünyasına karşılık gelen "1" bir ruluyla, "0" ise hareketsiz bir boncukla temsil ediliyor⁸.

DNA Bilgisayarların Geleceği

Hücrelerin içinde meydana gelen temel biyolojik süreçleri ve algoritmaları tanımak ve modellemek için kimyagerlerin, biyologların, matematikçilerin ve yazılım mühendislerinin etkileşimi, DNA bilişimini çok büyüleyici bir alana dönüştürüyor. Geleneksel bilişim araçları doğrusal hesaplamalar yaparken, paralel DNA hesaplama gücü, elektronik bilgisayarlar için yıllar sürecektir olan matematik problemlerini saatler içinde çözebilme potansiyeli gösteriyor. DNA bilgisayarları henüz geliştirme aşamasında olmasına rağmen sağlık ve veri depolama sektörleri gibi aktif kullanım imkânı olan birçok alan bulunması da mümkün görünüyor³.

DNA bilişimi, ekonomik, devasa, erişilebilir veri depolama ve bilgi işlem gücü ile katlanarak artan bir gelişim vad ediyor.

6 <https://go.nature.com/41f5TgZ>

7 <https://www.genengnews.com/topics/translational-medicine/dna-computer-can-do-math-may-have-clinical-and-diagnostic-potential/>

8 <https://phys.org/news/2022-03-dna-glass-beads-parallel-power.html>

Ancak bu teknoloji için hâlâ çok büyük zorluklar bulunuyor. Bu zorlukların en önemlisi ise DNA'yı yaratmanın maliyeti. Günümüzde her ne kadar kavram kanıtlama aşaması geçilmiş olsa da bulut bilişim ve ağ güvenliğinde DNA kriptografisine yönelik gerçek ticari çözümler yaratmak için ciddi yatırımlar yapılıyor⁵.

DNA bilişimi ve DNA bilgisayarları henüz araştırma aşamasında olsa da yakın gelecekte ortaya çıkacak yeni teknolojilerle birleşerek insanların hayatında ciddi ve hızlı avantajlar sunma eğilimi gösterdiği bir gerçek. İnsanların kendi vücutlarını dahi bir bilgisayar gibi kullandıkları bilim kurgu filmlerinin gerçekleşmesi çok yakın bir gelecekte mümkün olabilir. Bu alanda artan araştırmaların bilişim dünyasında yeni bir devrim yaratma olasılığı ise heyecan veriyor. 