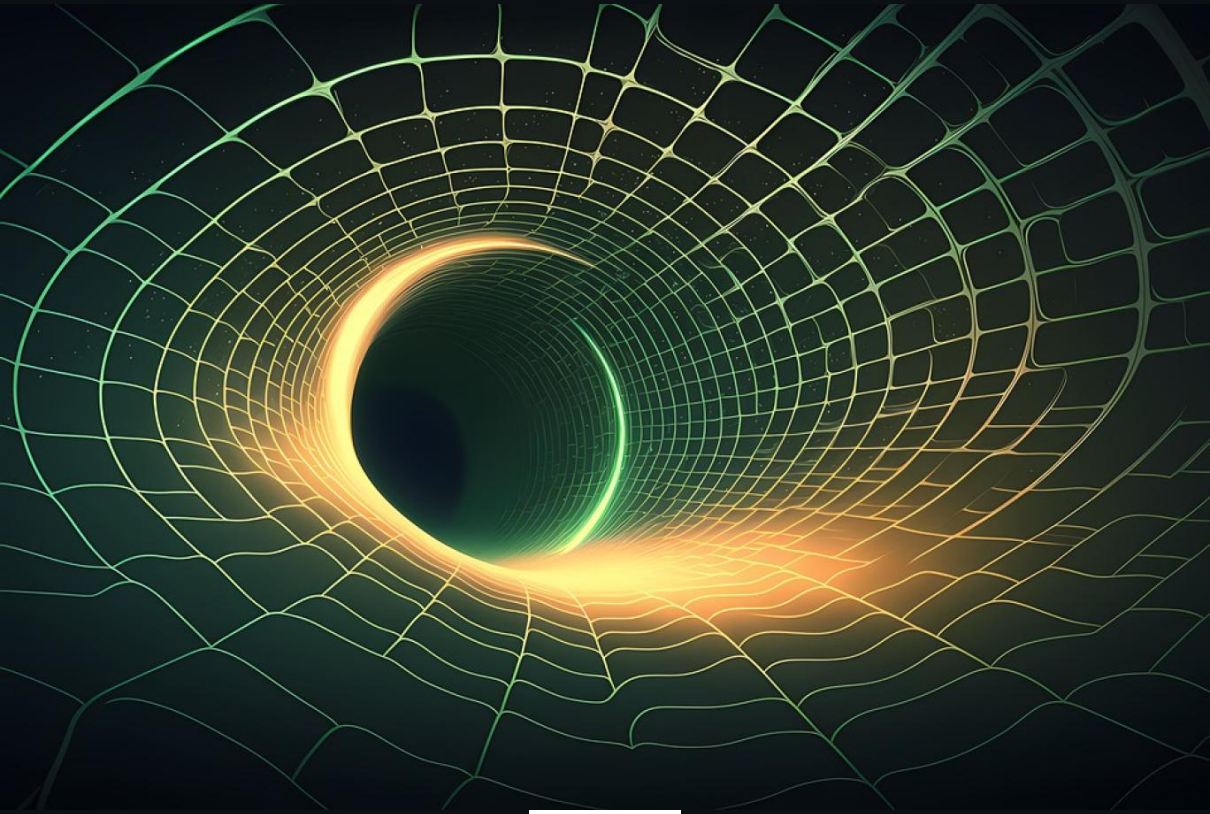


KUANTUM HESAPLAMA

Temelleri ve Gelecekteki Beklentiler

Dr. Ekrem BAŞER

Dr. Öğr. Üyesi Esra ŞATIR



**KUANTUM HESAPLAMA:
TEMELLERİ VE GELECEKTEKİ
BEKLENTİLER**

Dr. Ekrem BAŞER

Dr. Öğr. Üyesi Esra ŞATIR

yaz
yayınları

Kuantum Hesaplama: Temelleri ve Gelecekteki Beklentiler

Yazarlar:

Dr. Ekrem BAŞER

ORCID NO: 0000-0002-8233-7840.

Dr. Öğr. Üyesi Esra ŞATIR

ORCID NO: 0000-0003-1793-2472.

© YAZ Yayınları

Bu kitabın her türlü yayın hakkı Yaz Yayınları'na aittir, tüm hakları saklıdır. Kitabın tamamı ya da bir kısmı 5846 sayılı Kanun'un hükümlerine göre, kitabı yayınlayan firmanın önceden izni alınmaksızın elektronik, mekanik, fotokopi ya da herhangi bir kayıt sistemiyle çoğaltılamaz, yayınlanamaz, depolanamaz.

E_ISBN 978-625-6524-49-1

Ekim 2023 – Afyonkarahisar

Dizgi/Mizanpaj: YAZ Yayınları

Kapak Tasarım: YAZ Yayınları

YAZ Yayınları. Yayıncı Sertifika No: 73086

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3
İscehisar/AFYONKARAHİSAR

www.yazyayinlari.com

yazyayinlari@gmail.com

info@yazyayinlari.com

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ.....	1
2. KUANTUM HESAPLAMANIN TEMELLERİ.....	3
2.1.Kuantum Hesaplama Nedir?	3
2.2.Kübit Nedir?.....	4
2.3.Süperpozisyon Nedir?	5
2.4.Kuantum Durumunun Ölçülmesi	8
2.5.Dolanıklık	8
2.6.Kuantum Kapıları	9
2.6.1. X Kapısı	10
2.6.2. Y Kapısı	11
2.6.3. Z Kapısı	12
2.6.4. Hadamard Kapısı	13
2.6.5. S Kapısı.....	14
2.6.6. T Kapısı	15
3. KUANTUM HESAPLAMANIN MÜHENDİSLİK PROBLEMLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ	17
4. KUANTUM HESAPLAMADA ÇIĞIR AÇAN GELİŞMELER	21
5. KUANTUM HESAPLAMANIN GELECEĞİ.....	25
6. SONUÇ	29
KAYNAKÇA	31

"Bu kitapta yer alan bölümlerde kullanılan kaynakların, görüşlerin, bulguların, sonuçların, tablo, şekil, resim ve her türlü içeriğin sorumluluğu yazar veya yazarlarına ait olup ulusal ve uluslararası telif haklarına konu olabilecek mali ve hukuki sorumluluk da yazarlara aittir."

KUANTUM HESAPLAMA: TEMELLERİ VE GELECEKTEKİ BEKLENTİLER¹

(¹) Baser, E. (2023). Karmaşık fonksiyonların ve aralıklı tip-2 bulanık mantık kontrolörünün optimizasyonu için gerçek kodlu kuantum klonal seçim algoritmasının geliştirilmesi (Doktora Tezi). Düzce Üniversitesi, Düzce.

1. GİRİŞ

Bilgisayar biliminin geniş ve karmaşık dünyasına adım atarken, hesaplama ufkumuzu yeniden tanımlayan ilgi çekici ve karmaşık bir alanla karşılaşyoruz: kuantum hesaplama. Karmaşıklıkları açısından gizemli ama potansiyeli açısından dikkat çekici ve çığır açıcı olan bu büyüleyici alan, genellikle bilgisayar alanında bir dönüm noktası olarak görülmektedir.

Kuantum hesaplama gün geçtikçe daha fazla yatırım alan, büyük ve karmaşık verileri işleyen karmaşık problemleri klasik bilgisayarlardan daha hızlı çözmeyi vaat eden yenilikçi bir teknolojik altyapıdır. Günümüzde belirli problemlerin çözümünde, sınırlı sayıda kübit kullanan kuantum bilgisayarların üretilmesiyle deneysel aşamada olan kuantum hesaplama teknolojisinin gelecekte herkesin erişebileceği bir teknoloji olacağı ifade edilmektedir.

Bölüm 2’de kuantum hesaplama temellerinden bahsedilmiştir. Kübit, süperpozisyon, kuantum dolanıklık gibi kuantum mekaniğinin prensipleri anlatılmıştır. Ayrıca sıklıkça kullanılan tekil kuantum kapıları gösterilmiştir. Bölüm 3’de kuantum hesaplamanın mühendislik problemleri üzerindeki etkisine değinilmiştir. Bölüm 4 kuantum hesaplama teknolojisinin gelişmesindeki dönüm noktalarını özetlemektedir. Bölüm 6, kuantum hesaplamanın gelecekteki olası potansiyel hedefleri anlatılmıştır. Bölüm 7, kuantum hesaplama teknolojisinin önündeki engelleri ve yaptığımız çalışmanın sonucunu anlatmaktadır.

2. KUANTUM HESAPLAMANIN TEMELLERİ

Bu bölümde kuantum hesaplamanın temelleri incelenmektedir.

2.1.Kuantum Hesaplama Nedir?

Kuantum hesaplama kavramı 1980’lerde ortaya çıkan kuantum teorisinin prensiplerine dayanan, karmaşık problemleri klasik bilgisayarlardan daha hızlı çözmek için bilgisayar bilimleri, fizik ve matematik kullanan çok disiplinli bir alanı ifade etmektedir (Bernhardt, 2019). Kuantum hesaplama, elektron veya foton gibi atom altı parçacıkları kullanır. Kuantum hesaplama mekanizması bu parçacıkların aynı anda birden fazla durumda olmasını temel alır. Kuantum mekaniğinin bu durumundan yararlanan kuantum bilgisayarlar bazı problem türlerini klasik bilgisayarlardan daha hızlı çözebilir (Rieffel & Polak, 2011). Bu problemlere örnek olarak makine öğrenimi kullanan uygulamalar, optimizasyon çalışmaları, büyük veri tabanlarında arama

yapılması ve fiziksel sistemlerin simülasyonu gösterilebilir.

Kuantum hesaplamanın temelinde kuantum mekaniği yer almaktadır. Kuantum mekaniği, atom altı parçacıkların davranışını mikroskobik düzeyde çalışan fizik alanıdır. Kuantum mekaniği prensipleri, atom altı düzeydeki bu parçacıkların davranış şekillerini ifade eden denklemleri içermektedir.

2.2.Kübit Nedir?

Kuantum bilgisayarlarda kuantum hesaplama teknikleri kullanılır. Klasik hesaplamada bilgiler 0 ve 1 olabilen bitler üzerinde saklanırken kuantum hesaplama kuantum bitleri (kübit) kullanır.

Kübitler atom altı parçacıkların farklı durumlarındaki gösterimine olanak sağlayan, bu sayede hem 0 hem de 1 durumunda aynı anda bulunabilen ve kuantum süperpozisyonu ve kuantum dolanıklığı gibi özellikleri kullanabilen bilgi saklama birimidir. Kübitlerin aynı anda farklı

durumu temsil etmesi çok hızlı hesaplama ve teorik olarak aynı anda çok sayıda hesaplama yapma olacağı sunar.

Kuantum mekaniğinde bir kübitin genel kuantum durumu iki ortonormal taban vektörleri ile gösterilir. Bu vektörler Dirac veya “bra-ket” notasyonu ile yazılır. Denklem 1’de bir kübitin iki temel durum vektörleri gösterilmiştir. Denklem 2’de iki kübitin temel vektörleri gösterilmiştir. Genelleştirmek gerekirse n kübitin 2^n temel durumu bulunmaktadır.

$$|0\rangle = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, |1\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} |00\rangle &= \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, |01\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, |10\rangle = \\ &\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, |11\rangle = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (2)$$

2.3.Süperpozisyon Nedir?

Süperpozisyon, bir kübitin aynı anda birden fazla durumu temsil edebilme yeteneğidir. Klasik bilgisayarlardaki bilgi saklama birimi olan bitler 0 veya 1 bilgisini saklayabilirken, kübitler 0, 1 ve 0 ve 1'in lineer kombinasyonu olarak bilgi saklayabilir. Bu nedenle süperpozisyon kuantum hesaplamanın temel taşıdır ve kuantum bilgisayarlarının bazı hesaplama problemlerini daha hızlı ve etkili bir şekilde çözebilmesine olanak tanımaktadır.

Bir kuantum durumu temel durumların süperpozisyonu şeklinde Denklem (3)'teki gibi gösterilmektedir. Burada α ve β temel durumların olasılıksal genliklerini ifade eden karmaşık sayılardır.

$$|\psi\rangle = \alpha|0\rangle + \beta|1\rangle \quad (3)$$

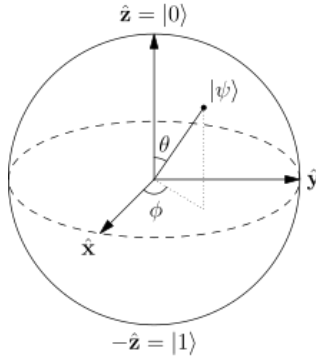
Temel durum vektörleri birbirleriyle ortonormal olduğu için olasılıksal genlikler

Denklem (4)'de belirtilen normalizasyon durumunu sağlamaktadır.

$$|\alpha|^2 + |\beta|^2 = 1 \quad (4)$$

Şekil 1, bir kuantum durumunun Felix Bloch tarafından geliştirilmiş Bloch küresi ile temsilini göstermektedir. Olasılıksal genlikler ise Denklem 5'deki gibi hesaplanmaktadır.

Şekil 1. Bloch Küresi ile Bir Kübit Durumunun Gösterilmesi



$$\alpha = \cos\left(\frac{\theta}{2}\right), \beta = e^{i\phi} \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad (5)$$

2.4. Kuantum Durumunun Ölçülmesi

Bir kuantum durumu ölçüldüğünde süperpozisyon durumundan çıkar ve temel vektörlere indirgenir. Denklem (3)'de tanımlanan bir durum ölçülmek istediğinde ortonormal vektörleri olan $|0\rangle$ ve $|1\rangle$ olarak indirgenir. Bu indirgeme sonucunda ölçüm sonucu olarak $|\alpha|^2$, $|\psi\rangle$ durumunun 0 (sıfır) olma ihtimalini, $|\beta|^2$ ise $|\psi\rangle$ durumunun 1 (bir) olma ihtimalini verir (Steane, 1998). Bunu Denklem (6) ile ifade etmek mümkündür.

$$P_0 = |\langle 0|\psi\rangle|^2 = |\alpha|^2, P_1 = |\langle 1|\psi\rangle|^2 = |\beta|^2 \quad (6)$$

2.5. Dolanıklık

Kuantum mekaniğinin temel ilkelerinden birisi de dolanıklıktır. Dolanıklık, kubitlerin durumlarını diğer kubitlerle ilişkilendirebilme becerisidir. Kuantum dolanıklığı, iki veya daha fazla parçacığın birbirleriyle karşılıklı olarak bağlantılı olduğu bir durumdur. Bu bağlantı,

bağlantılı parçacıkların durumlarının birbirine bağımlı olduğu ve bir parçacığın ölçüm sonucunun, diğer parçacığın durumunu anında etkileyebildiği anlamına gelir. Örneğin, bir kübit yukarı döndüğünde diğer bir kübitin her zaman aşağı dönüp dönmeyeceğini ya da tam tersinin olup olmayacağını belirleyebilir. Kuantum dolanıklığı, kuantum bilgisayarlarının karmaşık problemleri daha hızlı çözmesini sağlar. Kuantum dolanıklık, kuantum mekaniğinin temel yapısını anlamak ve kuantum teknolojilerini geliştirmek için önemli bir konsepttir.

2.6.Kuantum Kapıları

Kuantum mantık kapıları kuantum hesaplamanın ve kuantum bilgisayarların temel taşıdır. Kuantum kapıları, kübitler üzerinde işlem yapmak, kübitler arasındaki dolanıklığı kullanmak ve kuantum hesaplamalarını gerçekleştirmek için kullanılır. Klasik mantık kapılarıyla benzerlik gösterirler, ancak klasik mantık kapılarından farklı

olarak kuantum kapılarında kuantum mekaniğinin prensipleri dikkate alınır.

Kuantum kapılarının özelliklerinden birisi geri döndürülebilir olmasıdır, bu sayede kuantum kapısından bir girdi için elde edilen sonuç kuantum kapısına tekrar girdi olarak verildiğinde ilk girdi tekrar elde edilebilir. Klasik kapılarda bu durum her zaman mümkün değildir.

Kuantum kapıları matris olarak ifade edilebilirler ve bu matrisler kübit durumlarına etki ederek kübitler üzerinde işlem yapmaya olanak tanırırlar. Bu matrislerin önemli özelliği üniter matris olmalarıdır. Önemli kuantum kapılarının işlevleri ve kübit durumlarının kuantum kapılarından uğraması Bloch küresi üzerinde gösterilmiştir.

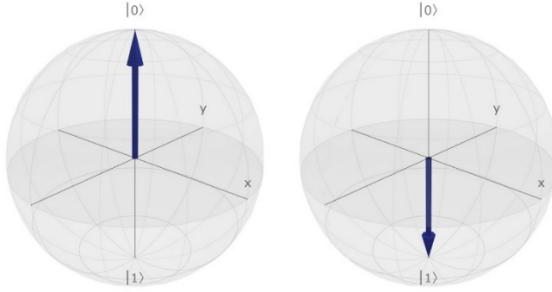
2.6.1. X Kapısı

X kapısı kübit durumunu tersine çevirir. Klasik NOT kapısının kuantum hesaplamadaki karşılığı olarak düşünülebilir. X kapısının matris karşılığı Denklem (7)'deki gibidir. X kapısı, X

ekseni üzerinde kubit durumunu döndürmektedir. Şekil 2, X kapısına uğrayan bir kubit durumunun önceki ve sonraki halini göstermektedir.

$$X = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Şekil 2. X Kapısı Uygulanan Kubit Durumunun Bloch Küresi Üzerinde Gösterimi.

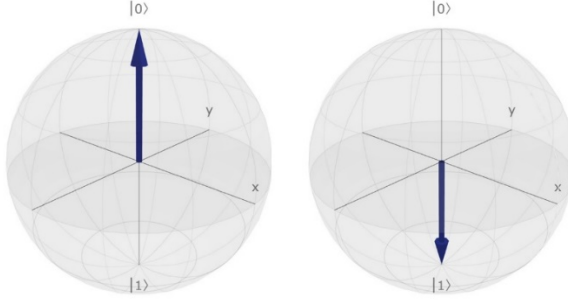


2.6.2. Y Kapısı

Y kapısı kubit durumunu Y eksenini etrafında döndürür. Denklem (8)'deki gibidir. Şekil 3, Y kapısına uğrayan bir kubit durumunun önceki ve sonraki halini göstermektedir.

$$Y = \begin{bmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Şekil 3. Y Kapısı Uygulanan Kübit Durumunun Bloch Küresi Üzerinde Gösterimi.

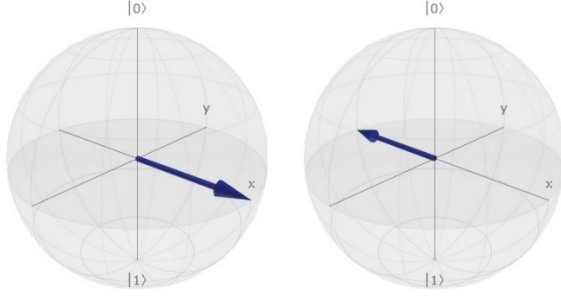


2.6.3. Z Kapısı

Z kapısı kübit durumunu Z eksenini etrafında döndürür. Denklem (9)'deki gibidir. Şekil 4, Y kapısına uğrayan bir kübit durumunun önceki ve sonraki halini göstermektedir.

$$Z = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

Şekil 4. Z Kapısı Uygulanan Kübit Durumunun Bloch Küresi Üzerinde Gösterimi

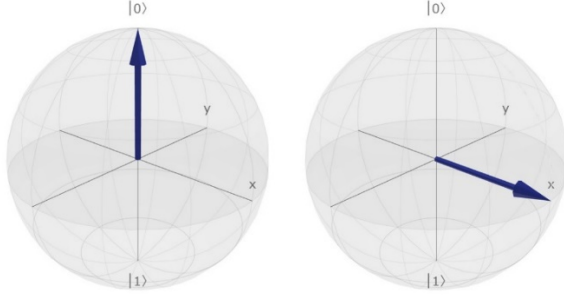


2.6.4. Hadamard Kapısı

Hadamard kapısı kuantum kapıları arasında temel kapılardan birisidir ve süperpozisyon durumu oluşturmak için kullanılır. Matris gösterimi Denklem (10)'daki gibidir. Şekil 5, Hadamard kapısına uğrayan bir kübit durumunun önceki ve sonraki halini göstermektedir.

$$H = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \quad (10)$$

Şekil 5. Hadamard Kapısı Uygulanan Kübit Durumunun Bloch Küresi Üzerinde Gösterimi

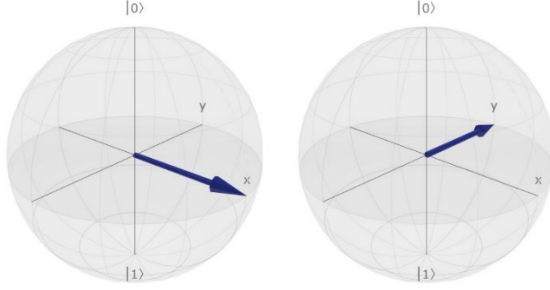


2.6.5. S Kapısı

S kapısı faz kapısı veya Z90 kapısı olarak da anılır, çünkü S kapısı Z eksenini etrafında 90-derece döndürme işlemi gerçekleştirir. Matris gösterimi Denklem (11)'deki gibidir. Şekil 6, S kapısına uğrayan bir kübit durumunun önceki ve sonraki halini göstermektedir.

$$S = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & i \end{bmatrix} \quad (11)$$

Şekil 6. S Kapısı Uygulanan Kübit Durumunun Bloch Küresi Üzerinde Gösterimi

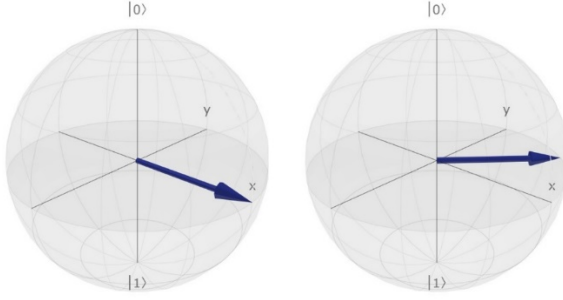


2.6.6. T Kapısı

T kapısı Z eksenini küre etrafında $1/8$ dönüş gerçekleştirir. Kübit durumunu Z kapısının çeyreği, S kapısının da yarısı kadar döndürür. Matris gösterimi Denklem (12)'deki gibidir. Şekil 7, T kapısına uğrayan bir kübit durumunun önceki ve sonraki halini göstermektedir.

$$T = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & \exp\left(\frac{i\pi}{4}\right) \end{bmatrix} \quad (12)$$

**Şekil 7. T Kapısı Uygulanan Kübit Durumunun
Bloch Küresi Üzerinde Gösterimi**



3. KUANTUM HESAPLAMANIN MÜHENDİSLİK PROBLEMLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Kuantum hesaplama, mühendislik problemleri üzerinde birçok disiplinde karşılaşılan problemleri çözmek ve optimize etmek için potansiyel çözümler sunmaktadır (Gyongyosi & Imre, 2019). Bu çözümler aşağıdaki gibi alt başlıklarla incelenebilir.

•Optimizasyon problemleri: Optimizasyon problemleri birçok endüstri ve disiplinde karşılaşılan karmaşık ve çok boyutlu problemlerdir. Kuantum hesaplama bu tür problemleri daha hızlı ve etkili bir şekilde çözüme ulaştırabilmektedir. Karmaşık sistemlerin çok sayıda değişkenle tanımlandığı optimizasyon problemler klasik bilgisayarlar için yorucu olabilecekken, kuantum hesaplamanın kullanıldığı kuantum bilgisayarlar ile bu problemler daha etkili bir şekilde çözülebilir. Ayrıca kuantum hesaplama, kombinatoryal optimizasyon

problemlerine odaklanan özel algoritmalar geliştirmek için kullanılabilir. Birçok seçenek içinden en iyi kombinasyonu bulmayı gerektiren bu tür optimizasyon problemlerinde kuantum hesaplama kullanmak verimli olabilmektedir.

•Yapay zekâ ve makine öğrenmesi: Kuantum hesaplamanın kullanılabileceği yapay zekâ konuları arasında görüntü algılama, konuşma tanıma, karar verme, finansal analiz ve metin çevirme başlıkları bulunmaktadır. Kuantum hesaplama, yapay zekâ uygulamalarında kullanılan büyük verileri işleyebilecek potansiyele sahiptir. Kuantum bilgisayarların sahip olduğu süperpozisyon ve dolanıklık prensibinden dolayı kuantum bilgisayarlar büyük işlem yükü gerektiren yapay zekâ uygulamalarını daha kısa sürede çalıştırabilir. Gelecekte kuantum bilgisayarların daha yaygın kullanılabilmesiyle birlikte yapay zekâ uygulamalarının performansının artabileceği öngörülmektedir.

•Kriptografi ve güvenlik: Kuantum hesaplama şifreleme ve güvenlik alanında önemli bir rol oynamaktadır. Kuantum kriptografisi daha güvenli iletişim protokolleri oluşturmak için kullanılabilir. Kuantum hesaplama dayalı sistemlere geçilmesiyle geleneksel kriptografik şifreleme teknolojilerinin güvensiz/kırılabılır duruma geleceği öngörülmektedir. Geleneksel bilgisayarlarda bir mesajın kodunu çözmek için doğru anahtarın bulunması trilyonlarca yıl sürebilirken, kuantum bilgisayarların kullanılabilmesiyle birlikte bu mesajların çözülmesi günler veya saatler süresince olabilir.

4. KUANTUM HESAPLAMADA ÇIĞIR AÇAN GELİŞMELER

Kuantum hesaplama teorisinin geliştirilmesiyle birlikte teknoloji şirketleri bunu pratiğe dökmek için çaba sarf etmişlerdir. Kuantum hesaplama üzerine yapılan önemli geliştirmelerden bazıları şunlardır.

- IBM bulut tabanlı bilgi saklama yaklaşımını sunan ilk şirkettir. İlk bulut tabanlı işlemcisi beş kübitlik bir işlemciden oluşmaktadır ve IBM yeni sürümler geliştirmeye devam etmektedir. Geliştirdikleri açık kaynak kodlu Qiskit yazılım iskeleti (framework) kuantum hesaplama alanında standart olma yolunda ilerlemektedir. Kuantum bilgisayarlar geliştirmiş ve bulut tabanlı olarak dünya çapında herkesin ücretsiz olarak kullanabilmesine ve kendi kuantum algoritmalarını geliştirebilmelerine olanak sağlamıştı (Qiskit, t.y.) r.

- Google kübit ölçeklendirme konusunda bir dönüm noktasında olduğunu iddia etmiş ve ilk

kez kübit sayısını artırarak hataları azaltmanın mümkün olabileceğini göstermek istemiştir. Yaptıkları deneysel çalışmada geliştirdikleri kuantum makineleri ile en güçlü süper bilgisayarlarda en iyi bilinen algoritmaların binlerce yılda başarabileceği bir test hesaplamasını yalnızca 200 saniyede gerçekleştirdiklerini göstermişlerdir. Cirq adını verdikleri kuantum hesaplama kullanan kuantum devresi oluşturma kütüphanesini geliştirmişler ve kullanıma sunmuşlardır (*Cirq*, t.y.).

- Microsoft bulut tabanlı kuantum hesaplama kullanan açık ve esnek kodlu kuantum bulut bilişimhizmetini kurmuştur. Kullanıcılar kuantum hesaplama kullanan uygulamalarını bulut üzerinden geliştirebilmektedir (*Azure Quantum*, t.y.).

- Intel gerçek dünya problemlerini çözmek için kuantum bilgisayarları ticari olarak kullanıma açmaya çalışmaktadır. Daha yüksek sıcaklıklarda

çalışabilen kübit çipler geliştirmişlerdir (*4th Gen Intel® Xeon® Processors*, t.y.).

•Entegre bir sistem şirketi olan Rigetti Computing kuantum bilgisayarları ve onlara güç sağlayan süper iletken kuantum işlemcileri üretmektedir. Kuantum Bulut Hizmetleri platformu aracılığıyla kuantum bilgisayarları herhangi bir genel, özel veya hibrit buluta entegre edilebilen sistem geliştirmişlerdir (*Rigetti*, t.y.).

•Toshiba kuantum hesaplama kullanan yeni bir güvenli iletişim teknolojisi geliştirmiştir. Verilerin toplandığı bulut sisteminde güçlü şifreleme yöntemleri kullanır bu sayede verilere güvenli erişimi sağlamayı hedeflemektedir (*Quantum Key Distrubution*, t.y.).

•Kuantum hesaplama üzerine ürün geliştiren başka birçok teknoloji şirketi bulunmaktadır. Geliştirilen bu ürünlerden bazıları Sandbox Aq, Quantinuum, Xanadu, Qulabs, Zapata, Terra quantum, Menten Ai uygulamalarıdır.

5. KUANTUM HESAPLAMANIN GELECEĞİ

Kuantum hesaplamanın küresel market hacmi 2022 yılında yaklaşık olarak 13,67 milyar dolara ulaşmıştır ve 2032 yılına kadar 143,44 milyar dolara erişeceği ön görülmektedir (*Global Quantum Computing Market Size, Share, and COVID-19 Impact Analysis, By Component (Software and Services), By Deployment Model (On-premises and Cloud), By Application (Optimization, Simulation, Machine Learning, Sampling, and Others), By End-user (BFSI, Aerospace & Defense, Automotive, Government, Energy, Chemical, and Others), By Region (North America, Europe, Asia-Pacific, Latin America, Middle East, and Africa), Analysis and Forecast 2022 – 2032, 2022*). Kuantum hesaplama üzerine kurulan yeni girişim şirketlere olan yatırımlar gün geçtikçe artmaktadır.

Teknolojik gelişmelerle birlikte karşılaşılan problemler daha karmaşık hale

gelmektedir. Örnek olarak COVID-19'un neden olduğu küresel kriz, bilim adamlarının tek bir proteini modellemek ve onu devre dışı bırakmak için farklı bir araca ihtiyaç duyduğunu göstermektedir. İnsan nüfusu arttıkça ve tüketim oranı katlanarak arttıkça kaynakların optimizasyonu gibi daha karmaşık problemler ortaya çıkmaktadır. Kuantum bilgisayarlar kuantum mekaniği fiziğini kullanarak karmaşık problemlerin çözülmesinde kullanılabilir.

Yapay zekanın kuantum hesaplama dahil olmasıyla yakın gelecekte birçok yeni uygulama ortaya çıkabilir. Yalnızca kuantum bilgisayarda çalışacak çok sayıda makine öğrenimi algoritması olabilir. Ayrıca, mevcut kapalı kuantum hesaplama dan daha hızlı olabilecek, farklı bir prensiple çalışan yeni kuantum bilgisayarların olasılığı da olabilir.

Kuantum hesaplama, birçok farklı alanda kullanılabilir potansiyele sahiptir. Kimya, malzeme bilimi, optimizasyon, veri analizi,

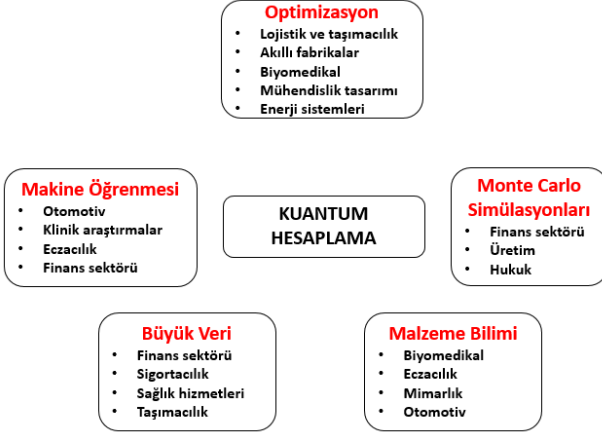
güvenlik, sağlık bilimi, yapay zekâ ve daha birçok alanda çözümler sunma potansiyeli taşır. Gelecekte yeni uygulama alanları keşfedilebilir. Şekil 10, kuantum hesaplamanın gelecekteki olası kullanım alanlarını göstermektedir.

Kuantum bilgisayarlar, bazı geleneksel şifreleme yöntemlerini çözebilirler. Bu nedenle, kuantum kriptografisinin ve yeni güvenlik protokolleri geliştirme gerekliliğinin önem kazanacağı öngörülmektedir.

Kuantum bilgisayarların daha geniş ölçekte kullanılabilmesi için bir dizi teknik zorlukların aşılması gerekmektedir. Kübit stabilitesi, hata düzeltme kodları, soğutma teknolojileri ve ölçüm teknikleri gibi sorunlar üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Kuantum hesaplamanın geleceği, bu teknolojinin teknik olarak daha erişilebilir hale gelmesi ve daha fazla uygulama alanına entegre edilmesi ile şekillenecektir. Bu nedenle, kuantum bilgisayarların geliştirilmesi ve kullanılabilir hale

getirilmesi için önemli bir araştırma ve geliştirme süreci gerekmektedir.

Şekil 8. Kuantum Hesaplamanın Gelecekte Öngörülen Kullanım Alanları



(Secondary Research and FutureBridge Analysis, t.y.).

6. SONUÇ

Kuantum hesaplama bilişim dünyasında çığır açabilecek, dünyanın en karmaşık problemlerinden bazılarını çözebileceğini vaat eden, hızla gelişmekte olan bir alandır. Temel bilgi saklama birimi olan kubitler, özellikleri sayesinde kuantum bilgisayarların belirli hesaplamaları klasik bilgisayarlardan daha hızlı yapmasına olanak sağlamaktadır.

Kuantum hesaplamanın gerçekleştirebileceği vaatlerine rağmen gelişmesinin önünde bulunan engeller vardır. Bu engellerden birisi kuantum bilgilerini gürültüden koruyabilecek hata kodlarının geliştirilmesi gerekmektedir. Diğer bir engel ise karmaşık problemleri çözmeye yetecek kadar kubit içeren kuantum bilgisayarların geliştirilmesi ve stabil olarak çalıştırılabilmesidir.

Genel olarak düşünüldüğünde kuantum hesaplama gelişme aşamasındadır. Araştırmalar devam ettikçe kuantum bilgisayarların gerçek

dünya problemleri üzerinde kullanıldığı çalışmaların görüleceği ön görülmektedir. Kuantum hesaplamanın geleceği, bu teknolojinin teknik olarak daha erişilebilir hale gelmesi ve daha fazla uygulama alanına entegre edilmesi ile şekillenecektir. Bu nedenle, kuantum bilgisayarların geliştirilmesi ve kullanılabilir hale getirilmesi için önemli bir araştırma ve geliştirme süreci gerekmektedir.

KAYNAKÇA

4th Gen Intel® Xeon® Processors. (t.y.). Geliş tarihi 09 Ekim 2023, gönderen <https://www.intel.com/content/www/us/en/research/quantum-computing.html>

Azure Quantum. (t.y.). Geliş tarihi 09 Ekim 2023, gönderen <https://azure.microsoft.com/tr-tr/products/quantum>

Bernhardt, C. (2019). Quantum computing for everyone. Mit Press.

Cirq. (t.y.). Geliş tarihi 09 Ekim 2023, gönderen <https://quantumai.google/cirq>

Global Quantum Computing Market Size, Share, and COVID-19 Impact Analysis, By Component (Software and Services), By Deployment Model (On-premises and Cloud), By Application (Optimization, Simulation, Machine Learning, Sampling, and Others), By End-user (BFSI, Aerospace & Defense, Automotive, Government,

Energy, Chemical, and Others), By Region (North America, Europe, Asia-Pacific, Latin America, Middle East, and Africa), Analysis and Forecast 2022 – 2032. (2022). <https://www.sphericalinsights.com/request-sample/2006>

Gyongyosi, L., & Imre, S. (2019). A survey on quantum computing technology. Computer Science Review, 31, 51-71.

Qiskit. (t.y.). Geliş tarihi 09 Ekim 2023, gönderen <https://qiskit.org/>

Quantum Key Distrubution. (t.y.). Geliş tarihi 09 Ekim 2023, gönderen <https://www.global.toshiba/ww/products-solutions/security-ict/qkd.html>

Rieffel, E. G., & Polak, W. H. (2011). Quantum computing: A gentle introduction. MIT Press.

Rigetti. (t.y.). Geliş tarihi 09 Ekim 2023, gönderen <https://www.rigetti.com/>

Secondary Research and FutureBridge Analysis.
(t.y.). Geliş tarihi 09 Ekim 2023, gönderen
<https://www.futurebridge.com/blog/quantum-computing-potential-future-domination-in-multiple-fields/>

Steane, A. (1998). Quantum computing. Reports on Progress in Physics, 61(2), 117.

KUANTUM HESAPLAMA

Temelleri ve Gelecekteki Beklentiler



YAZ Yayınları

M.İhtisas OSB Mah. 4A Cad. No:3/3

İscehisar / AFYONKARAHİSAR

Tel : (0 531) 880 92 99

yazyayinlari@gmail.com • www.yazyayinlari.com

ISBN: 978-625-6524-49-1



9 786256 524491