

Kuantum Teknolojisinin Meta Evren Üzerindeki Etkisi: Gelecekteki Olanaklar ve Sorunlar

The Impact of Quantum Technology on the Metaverse: Future Possibilities and Challenges

Sevdanur Genç 

Dr., Kastamonu Üniversitesi, Taşköprü Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Kastamonu, Türkiye, e-mail: sgenc@kastamonu.edu.tr

Öz

Metaverse, gerçek ve sanal dünyaları birleştirmek için sanal bir alan yaratan ve kişinin her bir dünyadaki deneyimini en üst düzeye çıkaran bir kavramdır. Gerçek dünyayı kopyalayan tutarlı kullanıcı etkileşimi için bir alan formüle etmek üzere sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, blockchain teknolojisi ve sosyal medya kavramlarından yararlanan simüle edilmiş bir dijital ortamdan oluşan sosyal bağlantıya odaklanır. Gerçek hayattaki benzerini ideal bir şekilde kopyalayan sanal bir dünya yaratmak için birkaç sektörü tek bir ekosisteme çekmeyi amaçlamaktadır. Bu sanal dünyaları oluşturmak için dev süper bilgisayarlar kullanılmaktadır. Süper bilgisayarlar ile kuantum teknolojileri terimi gündeme gelmektedir. Kuantum teknolojilerinin özü kuantum hesaplamadır. Hesaplamaları gerçekleştirmek için, kuantum mekaniğinin süperpozisyon ve dolanıklık gibi özelliklerinden yararlanır. Bilgisayarlar kuantum hesaplaması yapabildiklerinde, bunlara kuantum bilgisayarlar denir. Kuantum hesaplamasının, meta veri depolama alanında bir dizi farklı kullanım senaryosu bulunmaktadır. Metaverse çok sayıda hesaplama ve simülasyon kullanır, bu nedenle hesaplamayı ve genel deneyimi geliştirmek için kuantum hesaplamadan yararlanılmaktadır. Kuantum makine öğrenimi gibi bazı alanların, finans ve ilaç endüstrisi gibi çeşitli sektörlerde giderek daha kullanılır olduğu kanıtlanmıştır. Bu doğrultuda, kuantum bilgi işlemin, meta veri deposunu hayata geçirmede kesin bir rolü vardır ve birkaç kritik uygulamanın yürütülmesine yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte, metaverse'de, daha fazla etkileşim yakalandıkça, gerçekleşen herhangi bir ticaret ve işlem için kuantuma dayanıklı güvenliğe ihtiyaç duyulacak ve kuantuma dayanıklı blok zinciri teknolojisi, başvurulacak bir teknoloji olacaktır. Meta veri deposunun karmaşıklığı arttıkça makine öğrenimi, nasıl geliştiği konusunda giderek daha önemli bir rol oynayacaktır. Metaverse'de artan makine öğrenimine duyulan ihtiyaç, gerçekte olduğu kadar derin olacaktır. Kuantum makine öğreniminin daha fazla gelişmesiyle, metaverse'de daha fazla uygulama yer alacaktır. Bu nedenle, Metaverse, yavaş yavaş anlaşılması gereken bir kavramdır. Kuantum hesaplama, herkesin metaverse'nin uygulamalarını ve yeteneklerini anlaması, potansiyel avantajlardan yararlanması için öğrenilmesi ve kullanılması gerekli bir teknolojidir.

Anahtar kelimeler: Metaverse, Meta Evren, Kuantum Hesaplama, Kuantum Teknolojileri, Kuantum Bilgisayarlar

Citation/Atf: GENÇ, S. (2023). Kuantum Teknolojisinin Meta Evren Üzerindeki Etkisi: Gelecekteki Olanaklar ve Sorunlar. *Kuantum Teknolojileri ve Enformatik Araştırmaları*. 1(1): 17-27, DOI: 10.5281/zenodo.10102956

Corresponding Author/ Sorumlu Yazar:
Sevdanur Genç
E-mail: sgenc@kastamonu.edu.tr



Bu çalışma, Creative Commons Atif 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Abstract

Metaverse is a concept that creates a virtual space to merge the real and virtual worlds, maximizing one's experience in each world. It focuses on social connectivity, consisting of a simulated digital environment that leverages virtual reality, augmented reality, blockchain technology and social media concepts to formulate a space for consistent user interaction that replicates the real world. It aims to pull several industries into a single ecosystem to create a virtual world that ideally replicates its real-life counterpart. Giant supercomputers are used to create these virtual worlds, and with supercomputers comes the term quantum technologies. The essence of quantum technologies is quantum computing. To perform calculations, properties of quantum mechanics such as superposition and entanglement are exploited. When computers can perform quantum computation, they are called quantum computers. Quantum computing has a number of different use cases in metadata storage. The metaverse uses a lot of computation and simulation, so quantum computing is being leveraged to improve computation and the overall experience. Some areas, such as quantum machine learning, have proven to be increasingly used in various sectors, such as finance and the pharmaceutical industry. Along these lines, quantum computing has a definite role to play in bringing the metadata store to life, helping to drive several critical applications. However, in the metaverse, as more interactions are captured, quantum-resistant security will be needed for any trade and transaction that takes place, and quantum-resistant blockchain technology will be the go-to technology. As the complexity of the metadata store increases, machine learning will play an increasingly important role in how it evolves. The need for increased machine learning in the metaverse will be as profound as it actually is. With the further development of quantum machine learning, more applications will take place in the metaverse. Therefore, the Metaverse is a concept that needs to be understood gradually. Quantum computing is a technology that needs to be learned and used in order for everyone to understand the applications and capabilities of the metaverse and to take advantage of the potential benefits.

Keywords: Metaverse, Meta Universe, Quantum Computing, Quantum Technologies, Quantum Computers

1. GİRİŞ

Günümüzde hızla gelişen teknoloji, dijital dünyayı ve sanal gerçekliği, gerçek hayatın bir parçası haline getirerek birçok alanda inovasyon yaratmıştır. Bu teknolojilerden biri de kuantum mekaniğine dayanan kuantum teknolojileridir. Kuantum teknolojileri, parçacıkların ilginç özelliklerini kullanarak, geleneksel teknolojilerin sınırlarını aşarak daha hızlı, daha güvenli ve daha güçlü hesaplama, iletişim ve veri saklama imkanları sunmaktadır. Bu teknolojiler, sadece bilgi işlem ve iletişim alanlarında değil, aynı zamanda enerji, finans, sağlık, lojistik, çevre koruma ve daha birçok sektörde de etkilerini göstermektedir.

Kuantum teknolojilerinin en son kullanım alanlarından biri de “meta evren” olarak bilinen dijital bir dünya olan sanal gerçeklik veya dijital evrenlerdir. Meta evren, çeşitli cihazlar aracılığıyla erişilebilen, büyük ölçekli bir sanal gerçeklik ortamıdır. Bu dijital evrenler, gerçek hayatta mümkün olmayan sanal etkileşimleri ve aktiviteleri mümkün kılarak birçok sektörde inovasyon yaratabilirler.

Bu makalede, kuantum teknolojilerinin meta evren üzerindeki etkisi incelenecektir. Öncelikle, kuantum teknolojilerinin temelleri ve bu teknolojilerin meta evren üzerindeki potansiyel uygulamaları hakkında bir genel bakış verilecektir. Ardından, bu teknolojilerin sağlık, enerji, finans, çevre koruma, lojistik ve yapay zekâ gibi farklı sektörlerdeki potansiyel uygulamaları tartışılacaktır. Aynı zamanda, makalede ele alınan alt başlıklar, bu teknolojilerin sektörel açıdan analizi, matematiksel ve teorik modellere dayalı yorumları, artıları ve eksileri, uygulanabilir algoritmalar gibi konuları içermektedir; bu teknolojileri geleceğin ortak teknolojileri olarak değerlendirebilir. Özetle, kuantum teknolojilerinin meta evren üzerindeki etkileri ve bu teknolojilerin gelecekteki potansiyel gelişimi hakkında bir değerlendirme sunulacaktır. Bu makale, kuantum teknolojilerinin meta evren üzerindeki etkisi hakkında akademik bir çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Bu çalışma, kuantum teknolojileri ve meta evrenin birlikte kullanımının inovasyon, gelişim ve gelecekteki potansiyel uygulamalarının incelenmesi açısından önemlidir ve Türkçe literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

2. LİTERATÜR

Özellikle son yıllarda daha çok bahsedilen meta evren terimi, kuantum teknolojisi ile birlikte anıldığı çalışmalar literatürde birçok örnekle yer almaktadır. Bazıları şöyledir;

Kwon ve arkadaşları 2022'de yapmış oldukları çalışmada, Kuantum uygulamasının tüm olası durumlarının kapsamlı ve ayrıntılı bir incelemesini önermişlerdir. Ayrıca, hibrit Kuantum çekirdek yapısından bahsederek, optimize edilmiş bir doğrusal istatistiksel yöntemi açıklamışlardır. Aynı zamanda, Metaverse uygulamalarının ölçeklenebilirliğini ve performansını iyileştirmek için bir model önermişlerdir [1].

Bajkoti ve arkadaşları 2023'de yayınlamış oldukları çalışmada, kuantum hesaplama ve metaverse'in sağlık ve tıp alanında kullanım alanlarından bahsetmişlerdir. Çalışmada kuantum bilişimin mevcut durumunun bir taslağını sunmaktadır. Sağlık hizmetleri ve ilaç endüstrisi gibi alanlarda meta evrenin girişimcilik yanı tartışılmıştır [2].

Khalid ve arkadaşları 2023'de yayınlamış oldukları çalışmada, Metaverse kullanıcılarının sanal ortamlarla daha güvenilir ve güvenli bir şekilde etkileşime girmesini sağlaması için kuantum anlamsal iletişimi geliştirmeyi açıklamışlardır. Özellikle, kuantum gömme, kuantum makine öğrenimi, anlamsal iletişimi çıkarmak ve bunlarla ilgili kodlamalardan bahsetmişlerdir [3].

Chehimi ve ekibi 2023'teki çalışmalarında, meta evren ile ilgili kuantum teknolojilerinin potansiyeline ve son gelişmeleri araştırmışlardır. Özellikle, kuantum iletişim, hesaplama, algılama ve yapay zeka terimlerini açıklayarak meta evren ile ilgili kullanım yönlerini tartışmışlardır. Aynı zamanda, meta evren için dönüştürebilecek ve uygulanabilir kuantum araçlarından bahsedilmiştir [4].

Safari ve Kharrati 2023'teki çalışmalarıyla, Akıllı şehirlerde meta evren ve kuantum teknolojilerinin hibrit bir şekilde nasıl kullanılabileceğini tartışmışlardır. Bu konuyu ele almak için kuantum IoT teriminden bahsetmişlerdir. Bir başka metodoloji olarak, kuantum sinir ağları (QNN)'ni da incelemişler ve tüm bu oluşumların akıllı şehirler için ortak olan geleceklerinden bahsetmişlerdir [5].

Bu örneklerin yanı sıra, kuantum teknolojisinin meta evren üzerindeki etkisi hakkında birçok araştırma ve makale bulunmaktadır. Kuantum teknolojisi, meta evren simülasyonlarının daha hızlı, daha doğru ve daha verimli hale getirilmesine yardımcı olabilecek bir araç olarak görülmektedir.

3. META EVREN

Meta evren (Metaverse), farklı evrenlerin bir arada bulunduğu bir teorik kavramdır. Bu kavram, evrenlerin sonsuz sayıda var olabileceği ve her birinin kendine özgü fiziksel yasalarına sahip olabileceği fikrine dayanır. Meta evrenin varlığına dair hiçbir doğrudan kanıt yoktur, ancak bazı teoriler ve matematiksel modeller meta evrenin varlığını öngörmektedir [6]. Bu teoriler, farklı evrenlerin birbirleriyle etkileşime girdiğini ve bu etkileşimlerin gözlemlenebilir sonuçlar doğurabileceğini öne sürmektedir. Meta evren kavramı, bazı filozoflar ve bilim insanları tarafından farklı yorumlanmaktadır. Bazıları, meta evrenin varlığına ilişkin hiçbir somut kanıt olmadığı için, bu kavramın tamamen teorik bir kavram olduğunu ve gerçekliği yansıtmadığını savunmaktadır [7]. Diğerleri ise, meta evren kavramının, evrenin gizemlerini çözmede bir yol açabileceğine ve farklı evrenlerin keşfedilmesiyle insanlığın düşünce yapısını değiştirebileceğine inanmaktadır [8]. Meta evren kavramı, evrenin doğası ve evrende yaşayan varlıkların yerini anlamak için son derece önemlidir. Meta evren teorisi, evrende yaşayan varlıkların neden burada olduğunu ve evrenin neden var olduğunu anlamak için bir anahtar olabilir. Ancak, bu teori henüz tam olarak anlaşılamadığı için, meta evren kavramı hala birçok bilim insanı tarafından tartışmalı bir konu olarak görülmektedir. Meta evren kavramı, kuantum fiziği, kozmoloji ve genel görelilik gibi farklı alanlardan gelen teorilerin birleştirilmesiyle oluşmuştur. Kuantum mekaniği, evrenin mikroskobik ölçekte nasıl davrandığını açıklarken, genel görelilik evrenin büyük ölçekli yapısını açıklar [9]. Bu iki teori, evrenin farklı ölçeklerinde farklı davranışlar sergileyebileceğini öngörmektedir. Bazı meta evren modelleri, paralel evrenlerin olduğunu ve bu evrenlerin birbirlerinden bağımsız olarak var olabileceğini öne sürmektedir [10]. Diğer modeller ise evrenlerin birbirleriyle etkileşim içinde olduğunu ve

bu etkileşimlerin kozmik arka plan radyasyonu gibi gözlemlenebilir sonuçlar doğurabileceğini öne sürmektedir [11]. Meta evrenin varlığına dair en ilginç teorilerden biri, çoklu evrenler teorisidir [12]. Bu teoriye göre, herhangi bir anki evrenin yanı sıra, sonsuz sayıda başka evren de bulunmaktadır. Bu evrenler farklı fiziksel sabitlere, boyutlara veya kozmik olaylara sahip olabilirler. Çoklu evrenler teorisi, evrendeki sabitlerin doğru ayarlanması nedeniyle evrenin hayatı destekleyebilecek şekilde evrildiği fikrini ortaya atmaktadır [13]. Bu teoriye göre, evrende yaşayan akıllı varlıkların sayısının yüksek olmasının sebebi, evrenin birçok farklı versiyonunun varlığıdır. Bazı bilim insanlarına göre, meta evren kavramı, evrende yaşayan varlıkların yerini anlamak için bir anahtar olabilir. Örneğin, evrende yaşayan akıllı varlıkların sayısını tahmin etmek için kullanılabilir. Ayrıca, meta evren kavramı, evrenin doğasını anlamak için yeni bir perspektif sunabilir ve evrendeki gizemlerin çözülmesine yardımcı olabilir [8].

Ancak, meta evren kavramının felsefi, teorik ve bilimsel olarak hala tartışmalı bir konu olduğu unutulmamalıdır. Bu nedenle, meta evren hakkındaki çalışmalar ve araştırmalar devam etmektedir. Ayrıca, meta evren kavramı, evrende meydana gelen olayların nedenlerini açıklamak için de kullanılabilir. Örneğin, evrende neden, neden evrenin genişlemesi hızlandığı gibi sorulara yanıt aramak için meta evren kavramından yararlanılabilir.

Özetle, meta evren kavramı, evrende yaşayan varlıkların ve evrenin doğasını anlamak için önemli bir araç olarak görülebilir. Ancak, meta evren hakkındaki çalışmaların henüz tamamlanmadığı ve bu konuda daha fazla araştırma yapılması gerektiği unutulmamalıdır.

4. KUANTUM TEKNOLOJİSİ

Kuantum teknolojisi, kuantum mekaniği prensiplerine dayalı olarak çalışan yeni bir teknoloji alanıdır. Kuantum mekaniği, atomik ve sub-atomik düzeydeki parçacıkların davranışını açıklamak için geliştirilmiş bir teoridir. Kuantum mekaniğindeki temel prensipler arasında **süperpozisyon** [14], **dolanıklık (entanglement)** [15,16], **belirsizlik ilkesi** [17] ve **kuantum durumların çökmesi** [18] yer alır.

Kuantum teknolojisi, bu prensipleri kullanarak yeni ve gelişmiş teknolojiler geliştirmek için çalışır. Örneğin, kuantum bilgisayarları, geleneksel bilgisayarlardan çok daha hızlı ve güçlü hesaplamalar yapabilirler. Kuantum şifreleme sistemleri, daha güvenli veri iletimi sağlar ve kuantum sensörler, geleneksel sensörlere göre çok daha hassas ölçümler yapabilirler. Kuantum teknolojinin diğer alanlardaki uygulamaları arasında kuantum iletişim, kuantum telemetri, kuantum simülasyonu, kuantum metrolojisi ve kuantum mühendisliği yer alır.

Kuantum teknolojisi, birçok avantaj sunar. Örneğin, kuantum bilgisayarları, karmaşık hesaplamaları çok daha hızlı yapabilen paralel hesaplama özellikleri ile geleneksel bilgisayarlardan çok daha hızlıdır. Kuantum şifreleme sistemleri, daha güvenli bir şekilde veri iletimi sağlar ve kuantum sensörleri, özellikle tıp ve çevre alanlarında kullanılan geleneksel sensörlere göre çok daha hassas ölçümler yapabilirler.

Ancak kuantum teknolojisi aynı zamanda bazı zorluklar ve riskler de taşır. Kuantum bilgisayarları, hassas verilerin çözülmesine olanak tanıdığı için siber güvenlik sorunlarına yol açabilirler. Kuantum bilgisayarlarının güçlü hesaplama özellikleri, bazı kriptografi yöntemlerinin etkisiz hale gelmesine yol açabilir. Ayrıca, kuantum sensörlerin kullanımı ve ölçümleri, çoğu kez çok karmaşık ve pahalıdır.

Kısacası, kuantum teknolojisi, birçok avantajlı uygulamalar sunarken aynı zamanda bazı riskler de taşır. Ancak, ilerleyen teknolojik gelişmelerle birlikte, kuantum teknolojinin daha fazla uygulama alanı bulması ve bu risklerin azaltılması veya ortadan kaldırılması beklenmektedir.

5. KUANTUM TEKNOLOJİSİNİN META EVREN ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Kuantum teknolojisi, kuantum mekaniği temelinde geliştirilen ve klasik bilgisayarlarla mümkün olmayan hesaplama ve iletişim yöntemleri sunan bir teknolojidir. Bu teknolojinin meta evren üzerindeki etkisi, özellikle kriptografi, bilgisayarların hızı ve hassasiyeti, veri depolama, doğal kaynakların daha etkili kullanımı, yapay zekâ, tıp ve çevre gibi birçok alanda olabilir. Aynı zamanda, birçok farklı sektörü etkileyebilir ve bu etkiler farklı şekillerde açıklanabilir. Çizel-

ge 1’de kuantum teknolojisinin meta evren üzerindeki etkisine örnek olabilecek sektörel açıdan potansiyel etkilerine bazı örnekler verilmiştir.

Bu çizelge, kuantum teknolojisinin farklı sektörler üzerindeki potansiyel etkilerini açıklamak için genel bir bakış sunmaktadır. Her sektör, kuantum teknolojisinin sunduğu fırsatları ve potansiyel zorlukları farklı şekillerde deneyimleyecektir ve bu etkiler gelecekteki araştırmalar ve uygulamalarla daha da netleşecektir. Aynı zamanda, her sektörde meta evren teorilerinin dikkate alınması, gelecekteki araştırmaların ve uygulamaların daha karmaşık hale gelmesine neden olabilir.

Söz konusu meta evren, sağlık alanında pek çok fırsat sunabilir. Örneğin, uzaktan sağlık hizmetleri sağlamak için kullanılabilir.

Kuantum teknolojisi ile entegre edilmiş meta evren, sağlık hizmeti sunucuları ile hastalar arasında etkileşimde bulunarak, doktor randevularını, uzaktan muayeneleri ve tıbbi danışmanlığı gerçekleştirebilir. Ayrıca, sanal gerçeklik [20] ve artırılmış gerçeklik [21] teknolojileri kullanılarak,

hastalara tıbbi prosedürler ve tedaviler hakkında daha iyi bir anlayış kazandırılabilir. Örneğin, bir sanal gerçeklik ortamında, hastalara cerrahi operasyonların nasıl gerçekleştirildiği ve bir tedavi sürecinde nelerin olacağı hakkında detaylı bir şekilde bilgi verilebilir. Bu şekilde hastalar, tedavi sürecine daha hazırlıklı ve bilinçli bir şekilde girebilirler. Ayrıca, meta evren teknolojisi, fiziksel aktivite ve egzersizleri teşvik etmek için kullanılabilir. Sanal gerçeklik spor oyunları, fitness uygulamaları ve egzersiz programları, insanları motive etmek ve onların sağlık ve fitness hedeflerine ulaşmalarına yardımcı olmak için kullanılabilir.

Bir başka açıdan meta evren, iklim değişikliği ve çevre kirliliği gibi çevre sorunlarıyla mücadele konularına daha iyi çözümler üretmek için kullanılabilir. Meta evren ve kuantum teknolojilerinin birlikte kullanımı, çevre koruma alanında daha hızlı, daha doğru ve daha sürdürülebilir çözümler sunabilir. Örneğin, çevre sorunlarına yönelik bilinçlendirme kampanyaları, eğitim programları ve simülasyonlar için bir platform sağlanabilir. Meta evren tabanlı bir uygulama,

Çizelge 1. Meta evrenin sektörel açıdan incelenmesi

Sektör	Etki ve Açıklamalar
Bilgisayar ve Bilişim	Kuantum bilgisayarlar, karmaşık hesaplama problemlerini hızlı bir şekilde çözebilme, bu da yapay zeka, veri analitiği ve kriptoanaliz gibi alanlarda büyük potansiyel sağlamaktadır. Meta Evren bağlamında, çoklu evrenlerdeki verilerin işlenmesi ve analizi için kullanılabilir, bu da özellikle büyük veri analizinde önemlidir.
İletişim ve Kriptografi	Kuantum iletişim, güvenli ve izinsiz erişime karşı dirençli iletişim sağlayabilir. Kuantum anahtar dağıtımı, güvenli iletişimde önemli bir rol oynamaktadır [19]. Meta Evren teorileri, iletişim sırasında farklı evrenlerdeki sonuçları hesaba katma gerekliliği getirebilir ve iletişim güvenliğini daha karmaşık hale getirebilir.
Malzeme Bilimi	Kuantum teknolojisi, yeni malzemelerin tasarımını ve simülasyonunu kolaylaştırmaktadır. Bu, enerji depolama, süperiletkenlik ve nanoteknoloji gibi alanlarda yeni keşiflere yol açmaktadır. Meta Evren bağlamında, farklı evrenlerdeki malzeme özelliklerinin anlaşılması için kullanılabilir.
Sağlık ve İlaç	Kuantum bilgisayarlar, biyokimyasal süreçleri daha iyi anlamamıza ve ilaç keşfini hızlandırmamıza yardımcı olabilmektedir. Aynı zamanda hastalıkların daha iyi teşhis edilmesine ve tedavi edilmesine yönelik yeniliklere yol açabilmektedir. Meta Evren teorileri, farklı evrenlerdeki sağlık sonuçlarını incelemek için kullanılabilir.
Ulaşım ve Lojistik	Kuantum optimizasyon algoritmaları, ulaşım ve lojistik sektöründe daha verimli rota çözümleri ve kaynak kullanımı sağlamaktadır. Bu, yakıt tasarrufu ve karbon ayak izini azaltma potansiyeli taşır. Meta Evren bağlamında, farklı evrenlerdeki ulaşım koşulları dikkate alınabilir.
Enerji ve Çevre	Kuantum teknolojisi, enerji üretimi ve depolama yöntemlerini iyileştirebilir, bu da sürdürülebilir enerjiye geçişi hızlandırabilir. Aynı zamanda çevresel izleme ve doğal kaynak yönetiminde kullanılabilir. Meta Evren teorileri, enerji ve çevre politikalarını daha karmaşık hale getirebilir.
Finans ve Ekonomi	Kuantum bilgisayarlar, finansal tahminler, risk yönetimi ve portföy optimizasyonu gibi finansal işlemlerde kullanılmaktadır. Aynı zamanda kripto para ve blockchain teknolojilerini etkilemektedir. Meta Evren bağlamında, finansal kararların farklı evrenlerdeki sonuçlarını analiz etmek önemlidir.
Savunma ve Güvenlik	Kuantum teknolojisi, şifreleme çözümlerine yönelik tehditlerin yanı sıra güvenli iletişim ve casusluk alanlarında savunma ve güvenlik uygulamalarını etkileyebilir. Meta Evren teorileri, güvenlik stratejilerinin farklı evrenlerdeki sonuçlarını hesaba katma gerekliliği getirebilir.

insanların evlerinde geri dönüşüm yaparken ne kadar enerji tasarrufu yaptıklarını veya bir orman yangını durumunda neler yapmaları gerektiğini öğrenmelerine yardımcı olabilir. Ayrıca, meta evren tabanlı simülasyonlar, çevre felaketlerine hazırlık eğitimlerinin verilmesi veya yeni çevre politikalarının test edilmesi gibi alanlarda da kullanılabilir.

Kuantum teknolojisi ve meta evren teknolojisi birlikte kullanıldığında, finansal sektörde daha büyük fırsatlar ortaya çıkabilir. Örneğin, kuantum hesaplamaları ile risk yönetimi, portföy yönetimi ve ticaret işlemleri daha hızlı ve daha hassas hale getirilirken, meta evren teknolojisi ile müşteriler daha iyi bilgilendirilebilir ve finansal hizmetler daha anlaşılır hale getirilebilir. Ancak, bu teknolojilerin kullanımı, finansal sektördeki gizlilik, güvenlik ve düzenleyici gereklilikler gibi birçok zorlukla da karşı karşıya kalabilir. Bu nedenle, finansal kuruluşlar, bu teknolojileri kullanmadan önce iyi bir risk analizi yapmalı ve uygun güvenlik önlemlerini almalıdır.

Kuantum teknolojinin potansiyel etkilerine ek olarak, bu teknolojinin meta evren üzerindeki etkisi, bazı riskler de içerebilir. Özellikle kuantum bilgisayarları, kriptografi ve siber güvenlik açısından yeni riskler taşıyabilir. Örneğin, kuantum bilgisayarları klasik kriptografi algoritmalarını kolayca çözebilirler, bu da kriptografik anahtarların güvenliğini tehlikeye atabilir [22]. Bununla birlikte, kuantum teknolojisi geliştikçe, bu risklerin de farkındalığı artmaktadır. Kuan-

tum güvenlik protokolleri ve kuantum güvenli kriptografi algoritmaları gibi yeni güvenlik çözümleri de geliştirilmektedir. Ayrıca, kuantum bilgisayarlarının bazı geleneksel şifreleme yöntemlerini kırma potansiyeli, iletişim güvenliğini tehdit edebilir. Meta Evren teorileri, bu tür saldırıların sonuçlarını daha karmaşık bir şekilde ele alabilir, çünkü farklı evrenlerdeki etkiler farklı olabilir. Bu nedenle, kuantum teknolojinin meta evren bağlamında güvenlik açısından ele alınması gereklidir. Çizelge 2'de kuantum teknolojinin meta evren üzerindeki etkisi ele alındığında dikkat edilmesi gereken potansiyel riskleri özetlenmiştir.

Bu çizelge, kuantum teknolojinin Meta Evren üzerinde potansiyel risklerini özetlemektedir. Bu riskler, teknolojinin hızlı gelişimine ve Meta Evren teorilerine dayalı karmaşık hesaplamalara dayanmaktadır. Bu nedenle, bu potansiyel risklerin daha fazla araştırılması ve yönetilmesi önemlidir.

Özetle, meta evrenin kuantum teknolojisi üzerindeki etkisi, bu teknolojinin geliştirilmesinde ve uygulanmasında oldukça yararlı olabilir. Bu simülasyonlar, kuantum bilgisayarların gerçek dünya uygulamaları için daha iyi hazırlanmalarına yardımcı olabilir ve birçok alanda daha doğru sonuçlar elde edilmesine yol açabilir. Ancak, bu teknolojinin gelişimi, güvenlik riskleri de içerebilir ve bu risklerin de farkında olunması gerekmektedir.

Çizelge 2. Meta evren üzerinde kuantum teknolojilerinin potansiyel riskleri.

Riskler	Açıklamalar
Güvenlik Riskleri	Kuantum bilgisayarlar, klasik şifreleme yöntemlerini etkileyebilir ve bu da çevrimiçi iletişimlerin ve hassas verilerin güvenliğini tehlikeye atabilir. Meta Evren teorileri bağlamında, şifrelenmiş verilerin farklı evrenlerdeki güvenliği daha karmaşık hale gelebilir.
Kriptoanaliz Tehditleri	Kuantum bilgisayarlar, kriptografik algoritmaları daha hızlı bir şekilde kırmak için kullanılabilir, bu da dijital güvenliği tehdit edebilir. Büyük sayıları hızla çarpanlarına ayırma yetenekleri, kripto paraların ve dijital kimliklerin tehlikede olmasına neden olabilir.
Veri Gizliliği Sorunları	Meta Evren teorileri, çoklu evrenlerdeki verilerin işlenmesi ve analizi gerektirebilir, bu da veri gizliliği sorunlarını artırabilir ve kişisel bilgilerin korunmasını zorlaştırabilir.
Etik Sorumluluklar	Etik sorumluluklar ön plana çıkabilir. Farklı evrenlerdeki sonuçların ve etkilerin hesaba katılması gerekebilir, bu da etik açıdan karmaşık durumlar yaratabilir.
Bilgi Yönetimi Zorlukları	Meta Evren teorileri, bilgi yönetimi ve analizini karmaşıklaştırabilir. Farklı evrenlerdeki verilerin düzgün bir şekilde yönetilmesi ve yorumlanması gerekebilir.
Teknolojik Denge Bozulması	Teknolojik dengenin bozulması ortaya çıkabilir. Bazı sektörler daha hızlı ilerleyebilirken diğerleri geride kalabilir, bu da ekonomik ve sosyal dengesizliklere yol açabilir.

5.1. Bazı Matematiksel ve Teorik Modeller

Kuantum teknolojisinin meta evren üzerindeki etkisine dair bazı matematiksel ve teorik modeller bulunmaktadır. Bu matematiksel ve teorik model ve örnekler, kuantum teknolojisi ve kuantum kuramları çerçevesinde meta evrenin doğası ve davranışları hakkında farklı bakış açıları sunmaktadır. Örnek olarak:

- **Kuantum Bilgi İşlem (Quantum Computing)** : Kuantum bilgisayarlar, geleneksel bilgisayarlardan çok farklıdır. Kuantum bilgisayarlar, kuantum mekaniği temelli işlemler yapabilen özel donanımlı bilgisayarlardır. Bu bilgisayarların meta evren üzerindeki etkisi, kuantum paralellik ve kuantum ayrışması gibi kuantum özelliklerini kullanarak daha hızlı ve daha verimli hesaplamalar yapabilme kapasitesine dayanmaktadır [23].
- **Çoklu Evren Yorumu (MWI - Many-Worlds Interpretation)** : Hugh Everett tarafından geliştirilen çoklu evren yorumu, kuantum mekaniğinin bir yorumudur ve meta evren konsepti ile yakından ilişkilidir. Bu yorum, kuantum mekaniği evrenin birçok farklı versiyonunu içerdiğini ve her bir versiyonun ayrı bir evren olarak var olduğunu öne sürmektedir [24].
- **Wheeler-DeWitt Denklemi (Wheeler-DeWitt Equation)** : Kuantum yerkökümü alanında, Wheeler-DeWitt denklemi meta evren hakkında bazı matematiksel modeller sağlar. Bu denklem, ev-

renin çizgili yapısını açıklamaya çalışır ve kuantum yerkökümü, evrenin geometrisi ve zamanın doğası gibi konuları içermektedir [25].

- **Matematiksel Evren Hipotezi (Mathematical Universe Hypothesis)** : Max Tegmark'ın önerdiği Matematiksel Evren Hipotezi, evrenin matematiksel bir yapıya sahip olduğunu ve bu matematiksel yapının evrende gerçekleşen tüm olayları belirlediğini öne sürer. Bu hipotez, evrenin matematiksel olarak açıklanabileceği ve meta evren kavramı ile bağlantılıdır [26].
- **Kuantum Teleportasyonu (Quantum Teleportation)** : Kuantum teleportasyonu, bir kuantum sisteminin bir yerden diğerine taşınması işlemidir. Bu işlem, kuantum bilgisayarların meta evren üzerindeki etkisini araştırmak için kullanılabilir. Örneğin, kuantum teleportasyonu, meta evren içindeki farklı versiyonlar arasında bilgi transferi yapmak için kullanılabilir [27].
- **Kuantum Ayrışması (Quantum Decoherence)** : Kuantum ayrışması, bir kuantum sisteminin çevresiyle etkileşime girdiği ve bu etkileşim sonucu kuantum özelliklerinin kaybolduğu bir süreçtir. Bu süreç önemlidir, çünkü kuantum ayrışması, bir kuantum sisteminin belirli bir versiyonunun diğer versiyonlardan ayrılmasını sağlayabilir [28,29].
- **Kuantum Alan Kuramı (Quantum Field Theory)** : Kuantum alan kuramı, kuantum mekaniği ve özel görelilik kuramlarının birleştirilmesiyle

Çizelge 3. Üstünlükleri ve Eksiklikleri

Üstünlükleri	Eksiklikleri
Kuantum bilgisayarların meta evren simülasyonları, gerçek dünya uygulamaları için daha iyi hazırlanmalarına yardımcı olabilir. Bu simülasyonlar, gerçek dünyadaki koşulları taklit edebildiği için, kuantum bilgisayarların gerçek dünyadaki performanslarını daha doğru bir şekilde ölçebilirler.	Kuantum teknolojisi henüz gelişim aşamasında olduğu için, meta evren simülasyonlarındaki sonuçların gerçek dünya uygulamalarındaki sonuçlarla tam olarak örtüşmeyebilir. Bu nedenle, kuantum teknolojisinin meta evren üzerindeki kullanımının gerçek dünya uygulamalarına uyarlanması, daha fazla çalışma ve test gerektirebilir.
Meta evren simülasyonları, kuantum bilgisayarların daha hızlı ve daha verimli olmalarını sağlayabilir. Bu da, kuantum bilgisayarların daha karmaşık sorunları daha hızlı bir şekilde çözmelerine yardımcı olabilir.	Meta evren simülasyonları, yüksek işlem gücü gerektirdiği için, kuantum bilgisayarların daha da geliştirilmesini gerektirebilir. Bu da, kuantum teknolojisinin daha pahalı olmasına yol açabilir.
Meta evren simülasyonları, kuantum bilgisayarların daha doğru sonuçlar vermesini sağlayabilir. Bu, özellikle tıp ve finansal sektör gibi doğru sonuçların hayati önem taşıdığı alanlarda oldukça yararlı olabilir.	Kuantum teknolojisi, sınırlı bir sayıda problemi çözebilen bir teknolojidir. Bu nedenle, meta evren simülasyonları da sınırlı bir sayıda problemi çözebilir. Bu, özellikle geniş ölçekli simülasyonlar için bir dezavantaj olabilir.
Kuantum teknolojisinin meta evren üzerindeki kullanımı, daha önce çözülemeyen sorunların çözülmesine yol açabilir. Bu da, yeni keşiflerin ve inovasyonların ortaya çıkmasına yardımcı olabilir.	Kuantum teknolojisinin potansiyel olarak tehlikeli uygulamaları da vardır. Örneğin, kuantum bilgisayarların güçlü şifrelemeleri kırabilme potansiyeli, veri güvenliği açısından bir risk oluşturabilir. Bu nedenle, kuantum teknolojisinin meta evren üzerindeki kullanımı dikkatle düşünülmeli ve güvenlik önlemleri alınmalıdır.

oluşan bir kuramdır. Bu kuram, temel parçacıkların davranışlarını açıklamakta ve evrenin en küçük ölçeklerindeki olayların modellenmesinde kullanılmaktadır [30].

Bu kuramlar, kuantum dünyasının meta evren üzerindeki etkisini anlamamızı sağlar ve evrenin temel yapısını ve oluşumunu daha iyi anlamamıza yardımcı olmaktadır.

5.2. Üstünlük ve Eksiklikleri

Kuantum Teknolojisinin Meta Evren Üzerindeki Etkisi hakkında artılar ve eksiler Çizelge 3'de özetlenmiştir.

5.3. Algoritmalar: Grover ve Shor Algoritmaları

Kuantum teknolojisi, meta evren üzerinde çalışmak için geliştirilecek bir araç olduğu düşünüldüğünde, bu alandaki araştırmalar genellikle matematiksel ve teorik modeller üzerine odaklanmıştır. Dolayısıyla, bu alandaki araştırmaların kodlama çalışmaları genellikle yazılım geliştirme veya bilgisayar programlama alanlarındaki geleneksel kodlama çalışmaları gibi değildir. Bununla birlikte, kuantum teknolojisi ve meta evren arasındaki bağlantılar hakkında çalışmalar yapan araştırmacılar, kuantum algoritmaları veya kuantum simülasyonları geliştirmek için kodlama becerilerine sahip olmaları gerekir.

Örneğin, kuantum simülasyonları genellikle kuantum devreleri ve kuantum algoritmaları gibi araçları kullanır. Bu tür çalışmalar için araştırmacıların kuantum dolanıklığı ile ilgili teorik modelleri simüle etmeye yarayacak kuantum programlama ile ilgili geliştirilmiş araçlar kul-

lanmaktadır. Bunlara örnek verilecek olursa;

- Python programlama dilinde bir kütüphane olan QuTiP (Quantum Toolbox in Python) [31]
- IBM tarafından geliştirilen Qiskit [32]
- Kuantum bilişim sektöründe öncü olan D-Wave tarafından geliştirilen Ocean yazılımı [33]
- Microsoft tarafından geliştirilen Q# [34]
- Google tarafından geliştirilen Cirq [35] 'dir.

Meta evren, kuantum bilgisayarlarının etkili bir şekilde kullanılabilmesi için bir platformdur. Bu açıdan incelenecek olursa kuantum programlama da sıklıkla kullanılan Grover ve Shor algoritmaları'nın bu alanda uygulanabilirliği öne çıkmaktadır.

[36], büyük veri kümelerinde hızlı bir şekilde arama yapabilen bir kuantum algoritmasıdır. Meta evren gibi büyük veri kümeleri üzerinde de kullanılabilir. Örneğin, meta evren içerisinde bir nesne aranıyor ise, Grover algoritması kullanılarak bu arama işlemi kuantum bilgisayarlar ile daha hızlı ve etkili bir şekilde gerçekleştirilebilir.

[37] ise, RSA gibi popüler şifreleme algoritmalarını kırmak için kullanılabilen bir kuantum algoritmasıdır. Meta evren gibi dijital dünyalarda da güvenliği sağlamak için kriptografi kullanılır ve Shor algoritması da bu alanda önemli bir rol oynayabilir. Örneğin, bir meta evren platformunda kullanılan şifreleme algoritmaları, Shor algoritması tarafından kırılabilir ve kullanıcıların verileri tehlikeye atılabilir.

Çizelge 4. Grover ve Shor algoritmalarının karşılaştırılması.

Özellik	Grover Algoritması	Shor Algoritması
Temel İşlev	Veritabanlarında hızlı bir şekilde belirli bir hedefi bulma ve tespit etme amacı taşır.	Büyük sayıları çarpanlarına ayırmak için kullanılır ve bu nedenle RSA gibi klasik şifreleme yöntemlerini etkileyebilir.
Hızlandırma Faktörü	Klasik algoritmalara göre kökten karesi kadar hızlandırma sağlar, yani $O(\sqrt{N})$ karmaşıklığına sahiptir.	Büyük sayı çarpanlarına ayırma işleminde, klasik algoritmaların üstesinden gelmek için kullanıldığında büyük hızlandırmalar sağlar ve böylece $O(N^3)$ karmaşıklığını $O((\log N)^3)$ veya daha iyi bir karmaşıklığa indirir.
Kullanım Alanları	Arama problemleri ve veritabanı sorgulamaları için kullanışlıdır.	Büyük sayıları çarpanlarına ayırmak ve bu nedenle kriptografiyi etkilemek için kullanılır. Özellikle RSA şifrelemesi gibi klasik şifreleme yöntemlerini kırmak için kullanılabilir.
Klasik Bilgisayarlara Göre Dezavantajlar	Bazı özel durumlarda klasik algoritmaların hızına erişebilir, ancak genel olarak sınırlı hızlandırma potansiyeline sahiptir.	Klasik algoritmaların çok daha yavaş olduğu problemlerde büyük hızlandırmalar sağlar. Bu, şifrelenmiş verilerin güvenliğini tehdit edebilir.

Çizelge 4'de Grover ve Shor algoritmalarının temel özellikleri ve farklılıkları verilmiştir.

Bu çizelge, Grover ve Shor algoritmalarının ana özelliklerini ve farklarını özetlemektedir. Her iki algoritma da kuantum bilgisayarlarının potansiyelini gösterirken, farklı türde problemler için optimize edilmişlerdir. Grover, arama problemleri ve veritabanı sorgulamaları gibi genel kullanımlar için uygundurken, Shor, büyük sayıları çarpanlarına ayırma işlemi ve klasik şifreleme yöntemlerini çözme konusunda büyük bir etki potansiyeline sahiptir.

Tabloda karşılaştırılan Grover ve Shor algoritmaları, kuantum teknolojisinin Meta Evren üzerindeki etkilerini anlamamıza yardımcı olacak önemli araçlardır. Grover algoritması, veritabanlarında hızlı bir şekilde hedefleri bulma ve tespit etme konusunda kullanışlıdır ve bu, çoklu evrenlerdeki verilerin analizi gibi genel kullanımlar için büyük potansiyel taşır. Öte yandan, Shor algoritması büyük sayıları çarpanlarına ayırmada büyük hızlandırmalar sağlar ve klasik şifreleme yöntemlerini etkileyebilir, bu da Meta Evren teorileri bağlamında şifrelenmiş verilerin güvenliğini daha karmaşık bir hale getirebilir. Dolayısıyla, bu algoritmaların Meta Evren üzerindeki etkileri, özellikle güvenlik, iletişim ve veri analizi gibi alanlarda daha fazla araştırma gerektirir. Kuantum teknolojisinin bu potansiyel etkilerini anlamak ve yönetmek, gelecekteki araştırmalar ve teknolojik gelişmeler için kritik bir konu olacaktır.

Bu örnekler meta evren ile ilişkilendirilebilir, çünkü metaverse, dijital bir dünya olarak, fiziksel dünyanın matematiksel modelleri ve yapısı üzerine kuruludur. Kuantum teknolojilerinin etkileri de doğal dünyanın matematiksel modellenmesine dayanmaktadır. Bu nedenle, kuantum teknolojilerinin kullanımı, meta evren'de kullanılan matematiksel yapıların işlevselliğini azaltabilir veya değiştirebilir. Örneğin, kuantum süperpozisyonu ve kuantum dolanıklığı gibi kuantum mekaniksel özellikler, matematiksel algoritmaların ve yapay zeka modellerinin işleyişini değiştirebilir veya optimize edebilir. Bu nedenle, meta evren içindeki matematiksel modellerin kuantum teknolojilerine adapte edilmesi, daha etkili ve verimli dijital dünya deneyimleri suna-

bilir.

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu makale, kuantum teknolojisinin meta evren üzerindeki potansiyel etkilerini incelenmiştir. Meta evren, sanal dünyaların ve gerçek dünya arasındaki köprü görevi gören bir alan olarak tanımlanmaktadır. Kuantum teknolojisi ise, kuantum mekaniği kurallarına dayalı olarak geliştirilen ve geleneksel teknolojilere göre daha hızlı ve güçlü hesaplama ve iletişim imkanları sunan bir teknolojidir. Kuantum teknolojisi, bilim ve teknoloji dünyasında büyük bir devrim yaratmıştır. Bu teknoloji, çoklu evrenler ve meta evren teorileri ile ilginç bir kesişme noktası oluşturur. Kuantum hesaplama, Meta Evren teorilerinin daha derinlemesine anlaşılmasına olanak tanır. Kuantum iletişimin çoklu evrenlerdeki rolü düşünüldüğünde ise, kuantum iletişim, kuantum mekaniği özelliklerini kullanarak iletişim güvenliğini artırma amacını taşır. Kuantum dolanıklık gibi özellikler, iletişim sırasında bilginin izinsiz erişime karşı korunmasına yardımcı olur. Bu, çoklu evrenlerdeki iletişimi daha güvenli hale getirebilir ve meta evren teorileri ile birleştğinde farklı evrenlerdeki iletişim sonuçlarını daha karmaşık bir şekilde düşündürür.

Geleceğin ortak teknolojileri olarak nitelendirilebileceğimiz bu teknolojiler hakkında makalede incelenen alt başlıklar da; bu teknolojilerin sektörel açıdan incelenmesi, bazı matematiksel ve teorik modeller bakımından yorumlanması, üstünlük ve eksiklikleri, kullanılabilecek algoritmalar gibi konular yer almıştır.

Sonuç olarak, kuantum teknolojisinin meta evren üzerindeki etkileri oldukça önemli ve umut vericidir. Bu teknolojilerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması ile birlikte, meta evrenin kullanım alanı daha da genişleyerek, daha gelişmiş sanal dünyaların ve daha verimli gerçek dünyanın oluşması sağlanabilir. Ayrıca, bu çalışma ile Türkçe literatüre de katkı sağlanmıştır.

KAYNAKÇA

- [1] Kwon H-J, El Azaoui A, Park JH. MetaQ: A Quantum Approach for Secure and Optimized Metaverse Environment. *Human-Centric Computing and Information Sciences* 2022;12:42. <https://doi.org/10.22967/HICIS.2022.12.042>.
- [2] Bajkoti AS, Tiwari S, Ranjan T, Bisht RS, Mittal A. Role of Quantum Computing and Metaverse in the Field of Healthcare and Medicine 2023:306–11. <https://doi.org/10.1109/ICIR-CA57980.2023.10220921>.
- [3] Khalid U, Ulum MS, Farooq A, Duong TQ, Dobre OA, Shin H. Quantum Semantic Communications for Metaverse: Principles and Challenges. *IEEE Wirel Commun* 2023;30:26–36. <https://doi.org/10.1109/MWC.002.2200613>.
- [4] Chehimi M, Hashash O, Saad W. The Roadmap to a Quantum-Enabled Wireless Metaverse: Beyond the Classical Limits. 2023 5th International Conference on Advances in Computational Tools for Engineering Applications, ACTEA 2023 2023:7–12. <https://doi.org/10.1109/ACTEA58025.2023.10194017>.
- [5] Safari A, Kharrati H. Application of Optical Wireless Communications in IoT Devices of Smart Grids within Smart Sustainable Cities: With Hybrid Perspectives to Metaverse & Quantum IoT. 2023 8th International Conference on Technology and Energy Management, ICTEM 2023 2023. <https://doi.org/10.1109/ICTEM56862.2023.10083835>.
- [6] Wang X, Wang J, Wu C, Xu S, Ma W. Engineering Brain: Metaverse for future engineering. *AI in Civil Engineering* 2022 1:1 2022;1:1–18. <https://doi.org/10.1007/S43503-022-00001-Z>.
- [7] Nevelsteen KJL. Virtual world, defined from a technological perspective and applied to video games, mixed reality, and the Metaverse. *Comput Animat Virtual Worlds* 2018;29:e1752. <https://doi.org/10.1002/CAV.1752>.
- [8] Darkazanli I. The Metaverse and its implications on humanity and digital future 2022.
- [9] Capozziello S, De Martino S, De Siena S, Illuminati F, Di D, Fische S, et al. Quantum Signature of Cosmological Large Scale Structures 1998. <https://doi.org/10.48550/arxiv.gr-qc/9809053>.
- [10] Alam A, Mohanty A. Metaverse and Posthuman Animated Avatars for Teaching-Learning Process: Interperception in Virtual Universe for Educational Transformation. *Communications in Computer and Information Science* 2022;1737 CCIS:47–61. https://doi.org/10.1007/978-3-031-23233-6_4/COVER.
- [11] Kamionkowski M, Kosowsky A. THE COSMIC MICROWAVE BACKGROUND AND PARTICLE PHYSICS. <https://doi.org/10.1146/AnnurevNucl49177> 2003;49:77–123. <https://doi.org/10.1146/ANNUREV.NUCL.49.1.77>.
- [12] Park J, Choi J, Kim S-L, Bennis M. Enabling the Wireless Metaverse via Semantic Multiverse Communication 2022. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2212.06908>.
- [13] Tegmark M. Parallel Universes 2003;288:40–51. <https://doi.org/10.2307/26060282>.
- [14] Friedman JR, Patel V, Chen W, Tolpygo SK, Lukens JE. Quantum superposition of distinct macroscopic states. *Nature* 2000 406:6791 2000;406:43–6. <https://doi.org/10.1038/35017505>.
- [15] Baaquie BE, Kwek L-C. Quantum Superposition and Entanglement. *Quantum Computers* 2023:107–30. https://doi.org/10.1007/978-981-19-7517-2_5.
- [16] Horodecki R, Horodecki P, Horodecki M, Horodecki K. Quantum entanglement. *Rev Mod Phys* 2009;81:865–942. <https://doi.org/10.1103/REVMODPHYS.81.865/FIGURES/3/MEDIUM>.
- [17] Robertson HP. The Uncertainty Principle. *Physical Review* 1929;34:163. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.34.163>.
- [18] Weber SJ, Chantasri A, Dressel J, Jordan AN, Murch KW, Siddiqi I. Mapping the optimal route between two quantum states. *Nature* 2014 511:7511 2014;511:570–3. <https://doi.org/10.1038/nature13559>.
- [19] Song F. A note on quantum security for post-quantum cryptography. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* 2014;8772:246–65. https://doi.org/10.1007/978-3-319-11659-4_15/COVER.
- [20] Zheng JM, Chan KW, Gibson I. Virtual reality. *IEEE Potentials* 1998;17:20–3. <https://doi.org/10.1109/45.666641>.
- [21] Carmigniani J, Furht B. Augmented Reality: An Overview. *Handbook of Augmented Reality* 2011:3–46. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0064-6_1.
- [22] Fisher KAG, Broadbent A, Shalm LK, Yan Z, Lavoie J, Prevedel R, et al. Quantum computing on encrypted data. *Nature Communications* 2014 5:1 2014;5:1–7. <https://doi.org/10.1038/ncomms4074>.

- [23] Huang P-Hsin. The Quantum Technology of the Future-ENGINEERING & TECHNOLOGIES:Taiwan Research Highlight n.d. <http://140.122.64.105/en/article/content/271> (accessed March 14, 2023).
- [24] Review GB-EA, 2014 undefined. Quantum Horrors, Quantum Doom: Dangerous Consciousness in the Work of Greg Egan and Charles Stross. Taylor & Francis 2014;31:170–84. <https://doi.org/10.1080/10131752.2014.965429>.
- [25] Hume D. WHY IS THERE SOMETHING RATHER THAN NOTHING? Journey into Philosophy: An Introduction with Classic and Contemporary Readings 2016:206–7. <https://doi.org/10.4324/9781315623818-65>.
- [26] Ransford C. Immanence or Transcendence? A Mathematical View Immanence or Transcendence? A Mathematical View This is the full text of an article published under Open Source rules with the. Dialogo Journal 2016;2. <https://doi.org/10.18638/dialogo.2015.2.2.1>.
- [27] Cui Y. A Cross-Chain Protocol based on Quantum Teleportation for Underlying Architecture of Metaverse. 2022 7th International Conference on Computer and Communication Systems, ICCCS 2022 2022:508–12. <https://doi.org/10.1109/ICCCS55155.2022.9845967>.
- [28] Sui D, Shaw SL. New Human Dynamics in the Emerging Metaverse: Towards a Quantum Phygital Approach by Integrating Space and Place (Vision Paper). DROPS-IDN/16896 2022;240. <https://doi.org/10.4230/LIPICS.COSIT.2022.11>.
- [29] Rawal BS, Mentges A, Ahmad S. The Rise of Metaverse and Interoperability with Split-Protocol. Proceedings - 2022 IEEE 23rd International Conference on Information Reuse and Integration for Data Science, IRI 2022 2022:192–9. <https://doi.org/10.1109/IRI54793.2022.00051>.
- [30] Joye SR. Ethical Implications Of a Virtual Reality Metaverse: The Pribram-Bohm Hypothesis 2016.
- [31] QuTiP - Quantum Toolbox in Python n.d. <https://qutip.org/> (accessed October 1, 2023).
- [32] Qiskit n.d. <https://qiskit.org/> (accessed October 1, 2023).
- [33] D-Wave Ocean Software Documentation – Ocean Documentation 6.5.0 documentation n.d. https://docs.ocean.dwavesys.com/en/stable/?_gl=1*1w7y867*_ga*MjA0MDUz-MTk0MS4xNjk2MTU2NzQ5*_ga_DXNKH-9HE3W*MTY5NjE1Njc0OS4xLjAuMTY5N-jE1Njc0OS42MC4wLjA. (accessed October 1, 2023).
- [34] Introduction to Q# & Quantum Development Kit - Azure Quantum | Microsoft Learn n.d. <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/quantum/overview-what-is-qsharp-and-qdk> (accessed October 1, 2023).
- [35] Cirq | Google Quantum AI n.d. <https://quantumai.google/cirq> (accessed October 1, 2023).
- [36] Toyama FM, Van Dijk W, Nogami Y. Quantum search with certainty based on modified Grover algorithms: Optimum choice of parameters. Quantum Inf Process 2013;12:1897–914. <https://doi.org/10.1007/S11128-012-0498-0/METRICS>.
- [37] Ekert A, Jozsa R. Quantum computation and Shor’s factoring algorithm. Rev Mod Phys 1996;68:733. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.68.733>.