

METAVVERSE

Geleceğin Dünyalarını İnşa Edecek
Teknolojiler, Fırsatlar ve Tehditler

Editör: Dr. Fatih Sinan Esen



Metaverse: Geleceğin Dünyalarını İnşa Edecek Teknolojiler, Fırsatlar ve Tehditler

Editör: Dr. Fatih Sinan Esen

Yayın No.: 4393

Mühendislik/Teknik: 430

ISBN: 978-625-427-362-9

E-ISBN: 978-625-427-363-6

Basım Sayısı: 1. Basım, Ekim 2022

© Copyright 2022, NOBEL AKADEMİK YAYINCILIK EĞİTİM DANIŞMANLIK TİC. LTD. ŞTİ. SERTİFİKA NO.: 40340

Bu baskının bütün hakları Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.ne aittir. Yayınevinin yazılı izni olmaksızın, kitabın tümünün veya bir kısmının elektronik, mekanik ya da fotokopi yoluyla basımı, yayımı, çoğaltımı ve dağıtımı yapılamaz.

Nobel Akademik Yayıncılık, 2011 yılından beri "tanınmış uluslararası yayınevi" statüsündedir.

Genel Yayın Yönetmeni: Nevzat Argun -nargun@nobelyayin.com-

Genel Yayın Koordinatörü: Gülferm Dursun -gulferm@nobelyayin.com-

Sayfa Tasarım: Erhan Bakır -erhan@nobelyayin.com-

Redaksiyon: Sergen Öz -sergen@nobelyayin.com-

Kapak Tasarım: Mehtap Yürümez -mehtap@nobelyayin.com-

Görsel Tasarım Uzmanı: Mehtap Yürümez -mehtap@nobelyayin.com-

Baskı Sorumlusu: Yavuz Şahin -yavuz@nobelyayin.com-



Kütüphane Bilgi Kartı

Esen, Fatih Sinan.

Metaverse: Geleceğin Dünyalarını İnşa Edecek Teknolojiler, Fırsatlar ve Tehditler

1. Basım, XXII + 540 s., 16,5x24 cm. Kaynakça var, dizin yok.

ISBN: 978-625-427-362-9

E-ISBN: 978-625-427-363-6

1. Metaverse 2. Metaevren 3. Sanal Dünyalar

Genel Dağıtım

ATLAS AKADEMİK BASIM YAYIN DAĞITIM TİC. LTD. ŞTİ.

Adres: Bahçekapı Mh. 2465 Sk. Oto Sanayi Sitesi No:7

Bodrum Kat, Şaşmaz/ANKARA

Telefon: +90 312 278 50 77

Faks: 0 312 278 21 65

Sipariş: siparis@nobelyayin.com

E-Satış: www.nobelkitap.com - esatis@nobelkitap.com

www.atlaskitap.com - info@atlaskitap.com

Dağıtım ve Satış Noktaları: Alfa Basım Dağıtım, Arasta,

Arkadaş Kitabevi, D&R Mağazaları, Dost Dağıtım,

Kika, Kitapsan, Nezih Kitabevleri, Odak,

Pandora, Prefix, Remzi Kitabevleri

Baskı ve Cilt

Meteksan Matbaacılık ve Teknik Sanayi Tic. Anonim Şirketi

Sertifika No.: 46519

Beytepe Köy Yolu No.: 3 06800 Bilkent-Çankaya/ANKARA

Bölüm 3

Metaverse ve Merkeziyetsizlik

Enis Karaarslan - Senem Yazıcı Yılmaz

Özet

Metaverse farklı teknolojilerin birçok sanal dünya oluşturulması ile üç boyutlu erişim sağlayan bir yapı olarak gelişmektedir. Metaverse oluşumunda önce internet, büyük bir değişim içerisine girmiştir. Bu değişimin temelinde merkezi sistemlerden merkeziyetsiz sistemlere geçiş, en önemli rolü oynamıştır. Disiplinler arası merkeziyetsizliğin içinde itici güç olarak bilgi güvenliği, güç, politika ve ekonomi yer almaktadır. Merkeziyetsizlik; blokzincir teknolojisiyle gerçekleştirilebilir olduktan sonra daha fazla önem kazanmıştır. Blokzincir, birçok alanda merkeziyetsizlik temelli işlemler yapılabilmesini sağlamaktadır. Bu sistemlerin ekonomik boyutu üst düzeyde olup kripto para birimleri de bu çerçevede kullanıma başlanmıştır. Bu gelişmeler için merkeziyetsiz internet en önemli gerekliliktir. Bu süreçte; sanal odalar ve üç boyutlu avatarlar sayesinde internet siteleri daha gelişmiş etkileşim sağlayan yeni yapılar olarak geliştirilmektedir. Metaverse konusunda sürekli yeni deneme ve uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Bilgi teknoloji çağında her deneme ve

Abstract

Metaverse And Decentralization

Metaverse is developing as a structure that provides three-dimensional access with the creation of many virtual worlds with different technologies. Before the formation of the metaverse, the internet has undergone a great change. On the basis of this change, the transition from centralized systems to decentralized systems played the most important role. Information security, power, politics and economy are the driving forces in interdisciplinary decentralization. decentralization; It has gained more importance after it has been realized with blockchain technology. Blockchain provides decentralized transactions in many areas. The economic dimension of these systems is at a high level, and cryptocurrencies have started to be used within this framework. Decentralized internet is the most important requirement for these developments. In this process; new structures are being developed that provide more advanced interaction with internet sites with virtual rooms and three-dimensional avatars. New experiments and applications are constantly being carried out on

uygulama en kısa zamanda kullanıcılar ve geliştiricilerin dikkatine sunulmaktadır. Bu sürecin bu kadar hızlı gelişmesinin arkasında merkeziyetsizlik bulunmaktadır. Araçların aradan kaldırılmasıyla eşten eşe işlemler mümkün olmakta, kullanıcılar dağıtık ve merkezsiz ağ teknolojisini kullanarak daha önceden yapılamayanı gerçekleştirmektedirler. Bu da çok yüksek sayıda sistem kullanıcılarına çok daha kısa sürelerde ulaşılmasını sağlamaktadır. Bu sayede metaverse pazarının trilyon dolarları aşan bir potansiyelinin olduğu birçok ekonomist tarafından dile getirilmektedir. Metaverse ortamına bağlanan kişi, bu ortama aktardığı kişisel verilerini ve bu ortamdan kazandığı değerlerini korumak istemektedir. Merkeziyetsiz sistemler, bu anlamda hem kullanıcıya hem de bu sistem üzerinden servis sağlayanlara güven sağlamaktadır. Web 3.0, akıllı sözleşmeler, kripto varlıklar ve jeton (token) ekonomisi ile bilgi paylaşma süreçlerini daha üst noktalara taşıyacaktır. Bu bölümde dağıtık sistemler ve merkeziyetsizlik kavramı disiplinler arası bakış açısından incelenmiştir. Merkeziyetsiz sistemlerin taşıdığı fırsatlar ve olası sorunlar değerlendirilerek merkeziyetsiz metaverse kavramı açıklanmıştır.

Metaverse. In the information technology age, every trial and application is brought to the attention of users and developers as soon as possible. Decentralization is behind the rapid development of this process. With the elimination of intermediaries, peer-to-peer transactions become possible, and users can do what could not be done before by using distributed and decentralized network technology. This enables a very high number of system users to be reached in a much shorter time. In this way, it is stated by many economists that the metaverse market has a potential exceeding a trillion dollars. The person who connects to the Metaverse environment wants to protect the personal data transferred to this environment and the assets gained from this environment. In this sense, decentralized systems should provide trust both to the user and to those who provide service through this system. Web 3.0 will take information sharing processes to higher levels with smart contracts, crypto assets and the token economy. In this section, the concept of distributed systems and decentralization is examined from an interdisciplinary perspective. The concept of decentralized metaverse is explained by evaluating the opportunities and possible problems of decentralized systems.

GİRİŞ

Merkeziyetsizlik kavramı, birden çok bağlamı, alanı ve disiplini içermektedir. Merkezî olmayan ve dağıtılmış sistemler, benzersiz bazı sosyal ve ekonomik uygulamalara yol açmıştır (Rajasekhar vd., 2018). Yıkıcı teknolojilerin gelişimi çok hızlı gerçekleşmiştir (Llewellyn Evans, 2017). 2010 yılından itibaren yıkıcı teknolojiler ile gerçekleşen başarılı uygulama örnekleri, insanlığın birçok köklü sorunlarının çözümü için umut kaynağı olmuştur (Armstrong, 2017). 2019 yılında dünyayı önce sağlık sisteminden sonra da ekonomik ve sosyal sistemlerden derinden etkileyen pandemi ortaya çıkmıştır.

Pandemi sürecinde insanlar; evlere kapanmak zorunda kalmışlar, işlerine gidememişler ve seyahat edememişlerdir. Ülkeler sınır kapılarını kapatmış ve ulaşım neredeyse durma noktasına gelmiştir. Pandemi sürecinde gerçekleşen bu kapanmalar, öncelikle hızlı etkileşim ve iletişim sorunlarının çözülmesini gerektirmiştir. Bilgi ve iletişim teknolojileri pandemi ile hiç olmadığı kadar hızlı ilerlemiş ve insanlar bu gelişime hızlı adapte olarak her tür teknolojiyi kullanır hâle gelmişlerdir.

Bu sürecin en önemli unsurlarından bir tanesi de metaverse oluşumunun etkili ve aktif bir döneme girmiş olmasıdır. Bu bölümde; metaverse kavramının merkeziyetsizlik ile ilişkisinin açıklanabilmesi için ilk önce bilgi ve iletişim teknolojileri, ağ topolojisi, merkeziyetsizliği destekleyen unsurlar, blokzincir, kripto para, merkeziyetsiz internet ve merkeziyetsiz metaverse başlıkları incelenmektedir.

BİLGİ ve İLETİŞİM TEKNOLOJİLERİ

Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT) “bilgiyi yakalama (bulma), işleme, depolama ve iletmenin elektronik olarak yapılması” olarak tanımlanmaktadır (Çevik ve Kayakuş, 2020, s.729). BİT’ler 1’ler ve 0’lar olarak tutulan dijital bilgilere dayanır ve bilgisayar donanımı, yazılımı ve ağlarından oluşur (Chen, 2020). Bilgi ile ilgilenen teknolojiler sadece BİT değildir. Bu teknolojiler arasında ilk olarak radyo, televizyon ve telefon gibi elektromanyetik dalgalar olarak tutulan analog bilgilere dayanan “aracı” teknoloji; ikinci olarak kitaplar ve gazeteler gibi yazılı kelime olarak tutulan bilgilere dayanan “okuryazar” teknolojileri; son olarak yalnızca beyin ve ses dalgaları gibi insan vücuduna dayanan “organik” teknolojiler vardır (Chen, 2020; Özsevinç ve Yengin, 2021). Bu teknolojilerin hepsinin temelinde bilgi vardır.

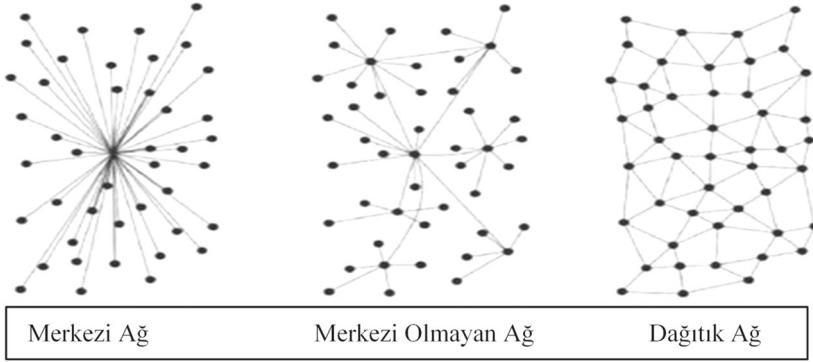
BİT modelinde dört katman ve alt faktörler bulunmaktadır (Chen, 2020). Bilgi ilk katmanı oluşturur (Çokbıldık, 2017). Teknolojiler ise ikinci katmandadır ve beyin, radyo, TV, yazılım, donanım ve ağ (network) bulunur (Khalil ve Özdemir, 2018). Üçüncü katman, insan ve süreçten oluşan bilgi sistemleridir. En basit anlatımı ile bu model, bir ekibin üyelerinin elektronik posta kullanarak bilgi paylaşmasına yardımcı olan bir destek “bilgi sistemi” oluşturmaktadır. Ancak bu bilgi sistemi dış olay ve etkilerden uzak (ayrı) kalmaz. Son katman çevre olup pazar, kurum, kuruluş, gruplar, ekonomi, politika ve diğer faktörler gelir. Bilgi; kurumlar (kuruluşlar, gruplar, pazarlar) ve etkileyen faktörlerin (politik, ekonomik, sosyokültürel, teknik ve yasal) olduğu bir ortamda var olur (Tunali ve Güz, 2021).

BİT’lerinde işletmenin gelişimi için çok yönlü bilgi akışı gerekmektedir. Finansman, iş gücü, teknoloji, ham madde ve diğer işletme girdilerinin mevcudiyeti ve kaynakları gibi arzla ilgili bilgilere ihtiyaç vardır. Pazar fırsatları ve konum, fiyat, boyut ve kalite gibi pazar talebinin özellikleri dâhil olmak üzere talep hakkında bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır (Krone ve Dannenberg, 2019). Ayrıca rakipler, yasalar vb. gibi diğer çevresel faktörler hakkında da bilgiye ihtiyaç vardır (Perskaya ve Kravavina, 2019). Ham verileri bu tür kullanılabilir bilgilere dönüştürmek, aşamalı bir süreçtir ve buna bilgi zinciri denilebilir. Bilgi zincirinin işlemesi için çevresel bileşenlerin mevcut olması gerekir. Bunlar; açık kaynakları (para, beceriler, teknik altyapı), yerleşik/sosyal kaynakları (güven, motivasyon, bilgi, güç) ve ham verileri içermektedir (Sharon vd., 2022).

BİT tarafından taşınan bilgilere erişim, çok fazla açık kaynak ve altyapıya ihtiyaç vardır. Ağ erişimin sağlanması ve sürdürülebilir olması için iletişim altyapısı, elektrik altyapısı, insan kaynakları, para, kullanıcılar için de teknoloji okuryazarlığı gereklidir (Park vd., 2021). Yoksul ya da az gelişmiş ülkeler bu kaynaklara sahip değildir. Dünya genelinde güvenilir iletişim, internet ve elektrik erişimi olmayan toplumlar bulunmaktadır (Magazzino vd., 2021). Dijital bilgide yaygın kullanılan dilin İngilizce olmasından dolayı da dil bariyeri sorunları yaşanmaktadır (Hashemi ve Kew, 2021).

AĞ TOPOLOJİLERİ

Merkeziyetçilik genellikle, merkezî olmayandan dağıtılmışa daha kesin bir şekilde yayılan ağ mimarilerini tanımlamak için genel bir terim olarak kullanılmaktadır (Sha ve Chow, 2019). Ağların topolojisi (düğümleri ve ara bağlantıları) özelliklerini belirlemek için dağılım önemlidir. Ağ topolojileri Baran (1964) tarafından merkezileştirilmiş, merkezî olmayan ve dağıtılmış ağlar olmak üzere üç grupta sınıflandırılmıştır (Yoo, 2018).



Şekil 1. Baran (1964) merkezî, merkezî olmayan ve dağıtık ağlar topolojisi (Sweeny, 2013)

Üçlü sınıflandırmada, merkezileştirilmiş, bir merkezî düğüme (örn. bir sunucu) sahip bir ağı veya ağdaki diğer tüm düğümlere (istemiciler) bağlı sıkıca bağlı düğümlerden oluşan bir kümeyi tanımlarken tüm bu diğer düğümler, yalnızca bir tek merkezî düğüme bağlı olmayı göstermektedir. Merkezî düğümün arızalanması veya yok edilmesi, tüm düğümleri ağdan koparır ve birbirleriyle iletişim kurmalarını engelleyeceğinden sistemin çalışamaz duruma gelmesine neden olmaktadır. Merkezî olmayan bir ağda, hiyerarşinin en altındaki düğümlerin esasen onları hiyerarşide bir seviye daha yüksek bir düğüme bağlayan küçük bir yıldız ağının parçası

olduğu bir düğüm hiyerarşisi vardır. Bu düğümler, yine onları hiyerarşideki bir sonraki üst düzey düğüme bağlayan başka bir yıldız ağının parçasıdır. Merkezi olmayan bir ağdaki birkaç düğümün başarısızlığı, hâlâ birbirleriyle iletişim kurabilecek düğümlerin birkaç bağlı bileşenini bırakır (ancak farklı bir bileşendeki düğümlerle değil). Spektrumun diğer ucunda, dağıtılmış ağlar, her düğümün diğer düğümlerle kabaca aynı sayıda bağlantısına (kenarlar denir) sahip olduğu ağlardır. Dağıtılmış ağlar, birkaç düğümün başarısızlığının (az ya da çok bilerek seçilmiş olsalar bile) ağa bağlı kalması, tüm düğümlerin birbirleriyle iletişim kurmasına izin verme (uzun bir yol üzerinden olsa da) özelliğine sahiptir.

Bir ağ, ne kadar dağıtıksa genel olarak çeşitli saldırı ve bozulma biçimlerine karşı o kadar dirençlidir ve bir bütün olarak ağ herhangi bir tek düğüme o kadar az bağımlıdır (Rowstron ve Druschel, 2001). Bu, aynı zamanda ağın belirli bir düğümü işletecek herhangi bir kişiye, şirkete veya kuruluşa daha az bağımlı olabileceğini de göstermektedir. Bu durum, internetin merkezi olmadığını ancak dağıtılmadığı gerçeğini de açıklamaktadır (Arkko, 2020). Merkezileştirme, merkeziyetçilik, dağıtım kavramları hem fiziksel hem de sanal ağlara uygulanabilmektedir. Kısaca, internetin kendisi somut bir merkezi olmayan ağıdır (düğümler arasında gerçek fiziksel bağlantılarla) ancak merkezi web sunucularına, hizmetlerine ve platformlarına bağlandığımızda onu genellikle merkezi bir sanal ağa dönüşmektedir (Mathew, 2016). Merkezi ağlar denetimi kolay olması açısından her zaman tercih edilmiştir (Sha ve Chow, 2019).

MERKEZİYETSİZLİĞİ DESTEKLEYEN UNSURLAR

Merkeziyetsizlik ya da dağıtık ağlarda gerçekleşen uygulamaların her biri disiplinler arası itici güçlerden oluşmaktadır. Oluşturulan merkeziyetsiz ağda eşten eşe iletişim ya da alışveriş temelinde sosyal, politik ve ekonomik yapıları oluşturulmalıdır. Merkeziyetsizlikte önemli unsurlardan birisi bilgi güvenliğidir. Bir sonraki aşamada güç, politika ve ekonomi gelmektedir. Merkeziyetsiz yapıların kullanım sıklığı ve yaygınlığı, bu unsurların en doğru şekilde bütünleşmesi sonucu ortaya çıkan faydaları ile artmaktadır.

Ağ bir bütün olarak bir düğüme bağlı olmadığından; bir düğümün güvenliği ihlal edilirse ağın geri kalanı, amaçlandığı gibi çalışmaya devam etmektedir. Dağıtılmış ağ, bilgi bütünlüğünün bozulmamasını ve bilgi güvenliğinin korunmasını sağlamaktadır (Liv d., 2021). Merkezileştirilmiş ağ topolojilerinde sunucuyu kontrol eden ve erişimi olan kişilere trafiği gözlemlemek, manipüle etmek veya kesmek için önemli yetkiler sağlamaktadır (Sha ve Chow, 2019). Merkezi olmayan ağlarda ise verilerin üçüncü bir tarafta tutulmamasını ve kontrol edilmemesini sağlayarak gizliliği ve güvenliği artırabilmektedir (Singh ve Mahajan, 2021). Bilgi güvenliğinin sağlanmasında tek bir

sunucuda tutmak yerine birden çok düğümde çoğaltılarak tutulan veriler, bazı düğümler çevrim dışı olsa bile kullanılabilir. Merkeziyetsiz ağlarda bilgiler birden fazla farklı cihaz arasında tutularak, kimlik doğrulama yapılması sonucu yönlendirildiğinden, bilginin bütünlüğünü ve güvenliği sağlanmış olmaktadır.

Merkeziyetçiliğin temelinde tarihî ilişkiler, sosyal yapılar, politikalar ve ideolojiler yatmaktadır. Merkezî olmayan ve dağıtılmış teknik sistemler ise siyasi baslıklardan, ekonomik eşitsizliklerden veya sosyal etkileşimlerin mevcut güç asimetrikleri ile ilgili endişelerinden kurtulmak ve değişmek amaçlı ortaya atılmıştır. Merkeziyetsizliğin temelinde kontrol edilemeyen ve haksızlığa uğramanın verdiği isyan ile oluşturulan değişim isteği yatmaktadır. Merkeziyetsizlik kavramı da liberter ve anarşist düşüncenin temsil ettiği ideolojiye yakındır (Davis, 2019). Tarihsel koşullardan ve deneyimlerden doğan siyasi veya ekonomik gücün kötüye kullanılmasına karşı çıkanların güç karşısındaki seslerini çıkarma şeklidir (Pohle ve Voelsen, 2022). Bu değişim rüzgârı, merkezî olmayan ve dağıtık ağların gelişmesinde önemli etkileri olmuştur. Merkezileştirilmemiş ve dağıtık ağlarda güç herkes tarafından kontrol edilmektedir ama gerçek hayatta iktidar ilişkileri çok boyutlu ve çok merkezlidir (Edwards, 2016). Hem karmaşık sosyal ortamlarda hem de görünüşte basit teknik sistemlerde birden çok güç biçimi ve kaynağı birbiriyle kesişmektedir.

Merkeziyetsiz ve dağıtık ağ aracıyı ortadan kaldırarak olası kötü niyetli araçların gücünü menfaatleri doğrultusunda kullanılmasını engellemektedir. Araçların ortadan kaldırılmasındaki birinci amaç maliyet düşürmektir. Belirli sosyal, ekonomik etkileşimleri kontrol edebilen, sansürlereyebilen, vergilendirebilen, sınırlandırabilen veya artırabilen araçların ortadan kaldırılması ile işlem yapan taraflar ve işlem türlerinde özgür olabilirler (Swartz, 2018). Diğer taraftan ise merkezî araçlar işlem maliyetlerini düşürerek, işlemleri koordine ederek, demokratik olarak üzerinde anlaşmaya varılmış kuralları uygulayarak, başarısızlıkları düzelterek ve olumsuzları sınırlandırarak değer sağlamaktadırlar. Buna karşılık, merkezî olmayan ya da dağıtık ağlarda bireysel olarak işlem ve koordinasyon maliyetlerini karşılamak zorundadır. Dağıtık ağlarda uygulamalar aracısızlaştırma temeline dayanmaktadır (Dotan vd., 2021). Merkezî olmayan ağlar; sağladıkları hizmetlerin kapsamı, derinliği ve güvenilirliği ile ilgili olarak, kendi özel kuralları çerçevesinde işlemleri mümkün kılan ve kolaylaştıran ve kendilerine özgü maliyet ve faydaları olan kurumsal çerçeveler yaratmaktadır. Buna rağmen uzun yıllar boyunca inşa edilmiş merkezî sistemlerin değişmesi yeterince hızlı olmamaktadır.

Merkezî olmayan ağların gelişimi tarihsel olarak ekonomi disiplini ile iç içe geçmiştir. Bu ağların temelinde yatan ideolojilerde özellikle ekonomik özgürlük ön planda olmuştur. Merkezî ağlarda gerçekleşen uygulamalarda yaşanan sorunları çözmek için merkezî olmayan mekanizmalar üzerinde çalışılmaya başlanılmıştır (Kosmarski, 2020). Bu nedenle, dağıtılmış ağ ile oluşturulan modellerde piyasa

ekonomisinin varsayımlarının çoğunu yansıtmaktadır. Bu ağların en önemli sorunları arasında, yönetim mekanizmaları kullanılmadan düğümler arasında gizli anlaşma yapabilmeleri, insanların birbirlerine yalan söyleyebilmeleri, piyasalarda hile yapılabilmesi ve önemli maliyetler oluşturabilmeleri yer almaktadır (Allen, 2020). Blokzincir ve diğer dağıtık defter teknolojileri, farklı ekonomi kavramlarını harmanlayarak yeni oluşumların başlamasına neden olmuştur (Dotan vd., 2021). Bu yeni kavramlar içinde blokzincir teknoloji temelli kripto ekonomi/para ve jeton (token) ekonomisi yer almaktadır (Crook, 2019; Kosmarski, 2020; Brekke, 2021).

MERKEZİYETSİZLİK TEMELLİ BLOKZİNCİR

Blokzincir, kurulduğu amaca dair işlemlerin uygunluğunu aracısız bir şekilde denetleyen ve başarılı işlemleri kaydeden bir sistemdir. Onaylanmış işlemlere dair bilginin güvenilir bir şekilde depolanmasını, sahipliğini, paylaşılabilmesini ve doğrulanabilmesini sağlar. Sistemde araçlar olmadığından, sistemin adil bir şekilde çalıştığından ve sistemi ayakta tutan düğümlerin sistemi suistimal etmediğinden emin olmak gereklidir. Bunu en temelde tam mutabakat (consensus) protokolü sağlar. Blokzincir sistemini ayakta tutan düğümler (node); işlemleri onaylama ve blok yazma süreçlerinde tam mutabakat protokolleri kullanarak ortak karara varmaktadır. Onaylanan işlemler (transaction) blok yapılarında toplanır ve düzenli olarak blokzincir kayıt defterine (ledger) eklenir. Bütün yapı tek bir varlık gibidir, bütün düğümlerde sistem durumunun (state) aynı olması sağlanır. Kayıtlar silinmez, gerektiğinde bilgi güncellenmek istendiğinde yeni kayıtlarla blokzincire sonradan eklenir.

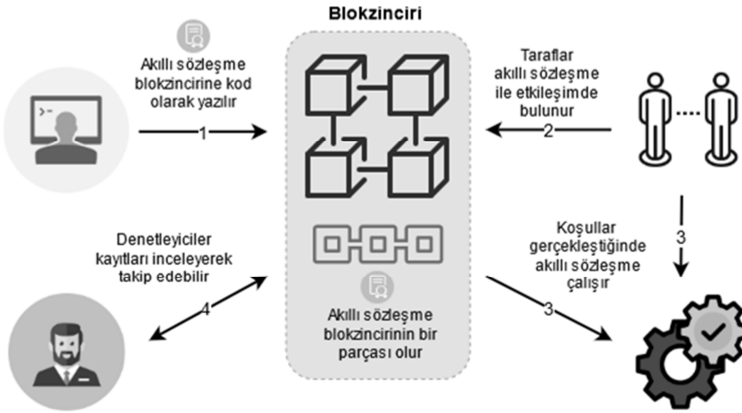
Kullanılacak tam mutabakat protokolünün seçimi, sistemi ayakta tutan düğümlerin anonimliğine ve düğümlere olan güvene bağlıdır. Örneğin dünyadaki herhangi bir kişi herhangi bir onay gerekmeden Bitcoin altyapısında düğüm olabildiği için bu ağda kapsamlı bir protokol olan PoW (Proof of work) kullanılmaktadır (Nakamoto, 2008).

Kayıtların ulaşılabilirliği de bir başka özelliktir. Kripto varlık (cryptocurrency) amaçlı blokzincirlerinde kayıtlar halka açıktır (public) ve işlemler “explorer” adı verilen arayüzlerden sorgulanabilir. Bu da her işlemin şeffaf olarak gerçekleşmesini ve güvenilirliğini sağlar. Kurumsal çözümlerde ise kayıtlar özel (private) tutulur. Bu durumda ancak ağa erişimi olan taraflar kayıtlara ulaşabilir.

Sistemde kullanıcıyı tanımlayan şey hesaptır (account). Hesap on altılık sistemde bir dizi karakter ile tanımlanır ve blokzincirde bir adrestir. Kullanıcı; bir kurum, bir yazılım, bir bilgisayar hatta bir robot da olabilir. Hesaba dair bilgiler varsayılan olarak anonimdir ama kullanıcının bunu düzenlemesi de mümkün olabilmektedir. Merkezî olmayan kimlik sistemleri, hesapların entegrasyonu ile kullanıcı hangi bilgilerini kimle paylaşacağını kontrol edebilir.

Blokzincir kriptografik algoritmaları aktif kullanan bir yapıdır. Kayıtların ve sistemin bütünlüğü (integrity) için hash fonksiyonları kullanılmaktadır. Sistemler genellikle asimetrik şifreleme tabanlıdır. Birçok çözüm eliptik eğri (elliptic curve) şifreleme tekniklerini kullanır. Bu teknikte hesabı tanımlayan karakterler halka açık (public) anahtar olarak alınmaktadır. Kuantum işlem saldırılarına dayanıklı sistemler için kuantum şifreleme kullanan çözümler de ortaya çıkmaktadır (Fernandez-Carames vd., 2020).

Kullanıcının hesabı olan platform ve üzerinde çalışan servislerde neleri nasıl yapabileceği protokoller ile tanımlıdır. Blokzincir ile araçların ortadan kaldırılması ve akıllı sözleşme (smart contract) olarak adlandırılan deterministik kodlarla otonom (kendi başına çalışan) sistemlerin kurulabilmesi mümkün olmaktadır. Akıllı sözleşmelerin çalışma yapısı Şekil 2’de verilmiştir. Öncelikle yazılım geliştiricileri hazırladıkları program kodunu blokzincir ağına bir kayıt olarak yüklemektedir. Blokzincir ağında kayıtlı kullanıcı hesapları bu akıllı sözleşmeleri kayıt adresinden çağırabilmektedir. Akıllı sözleşmede tanımlanan koşullar gerçekleştiğinde ilgili alt fonksiyonlar otonom olarak çalışmakta ve ortam durumunda bir değişiklik gerektiğinde bunu bir kayıt olarak blokzincire kaydetmektedir. Geliştirilecek sistemde gerekli olması durumunda; müfettiş gibi otoritelerin bu kayıtlar üzerinde denetim gerçekleştirmesi sağlanabilir.



Şekil 2. Akıllı sözleşmelerin çalışma yapısı (Karaarslan ve Birim, 2021)

Blokzincir sistemleri; çoklu tarafların (multi party) aynı kayıt defterine yazması gerektiğinde anlamlıdır. Tedarik zincirleri buna güzel bir örnektir. Bir tedarikçi ve bir alıcının bulunduğu bir tedarik sürecinde bile çeşitli taşıma şirketleri, bankalar, devlet kurumları yapılan işlemlere dair kayıt tutacaktır. Blokzincir teknolojisi tabanlı bir tedarik zinciri kullanılarak bu sürecin güvenilir bir şekilde anlık takip edilmesi sağlanabilecektir.

Bu tür çözümlerde blokzinciri bir veri tabanı olarak görmektense gerçekleştirilen işlemlerin kayıtlarını ve verinin adresini tutan bir sistem olarak düşünmek mümkündür. Bunun temel nedeni; blokzincirde kayıtlar çok sayıda düğümde tutulacağı için veri tutma işinin hem işlem hem kayıt alanı açısından maliyetli olmasıdır. Bu durumda veri depolama birimi olarak bulut sistemlerini veya IPFS (Interplanetary File System) gibi dağıtık dosya sistemlerini kullanmak daha etkin olmaktadır (Benet, 2014). IPFS, kullandığı adresleme sistemi ile dosyaların değişmezliğini (integrity) garanti ettiği için birçok projede aktif olarak kullanılmaktadır.

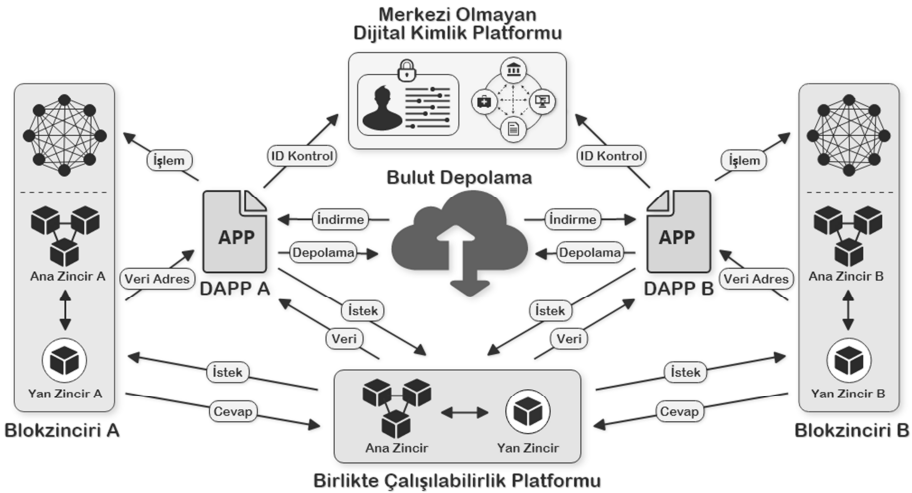
Blokzincir, sürekli gelişmekte olan bir teknolojidir. Özellikle işlem hızı, enerji tüketimi ve ölçeklenebilirlik (scalability) konusunda iyileştirme çabaları bulunmaktadır. Ethereum blokzincirinin kurucularından Vitalik Buterin, blokzincirin temel karakteristikleri olan merkeziyetsizlik, güvenlik ve ölçeklenebilirlik özelliklerinden aynı anda sadece ikisinin sağlanabileceğini iddia etmiştir. Bu durumda bu özelliklerin birisinden bir miktar feragat edilmesi gerekecektir, bu da genellikle ölçeklenebilirlik olmaktadır. Bu durumda; sistemde düğüm sayısı arttıkça ve tutulan veri miktarı çoğaldıkça veriye erişim hızı düşmektedir. Ölçeklenebilirlik ve hızı iyileştirmek için farklı veri yapıları, tam mutabakat protokolleri ve çalışma şekilleri öne sürülmektedir (Karaarslan ve Konacıklı, 2020).

Blokzincir sistemini geleneksel bilgi sistemlerinden ayıran en temel özellik ise merkeziyetsizliktir. Farklı çözümler için farklı özelliklere sahip blokzincir platformlarının kullanılması mümkündür. Bu çözümlerin hepsi dağıtık (distributed) ve merkeziyetsizlik özelliklerini aynı anda taşımayabilir. Dağıtıklık; hesaplama ve depolama işlemlerinin çoklu yerde yapılmasını tanımlamaktadır. Merkeziyetsizlik ise daha çok bu düğümlerin bir otoritenin veya birden fazla tarafın sahipliği ile ilgilidir (Molina-Jiménez, 2020).

Merkeziyetsizliğin kısmî merkeziyetsizlikten tam merkeziyetsizliğe uzanan bir spektrum olduğunun da farkında olmak gerekir. Molina-Jiménez ve diğerleri (2020), çalışmalarında merkeziyetsizlik seviyesinin bağlı olduğu faktörleri; donanımsal ve yazılımsal olarak iki ana başlık altında toplamışlardır. Donanımsal faktörler; ağın mimarisi, blokzincir düğümlerinin coğrafi ve internet ağı bazlı dağılım yoğunlukları, kullanılan blokzincir platformunun desteklediği tam mutabakat protokolleri, düğümlerin donanımsal güçleri (grafik işlemci gücü, işlemci gücü vb.) ve kullanılıyorsa madenci havuzlarıdır. Yazılımsal faktörler; yazılımların güncellenme şekli ve sıklıkları, platform topluluğundaki geliştiricilerin nitelikleri, özellikle de yeni özelliklere liderlik edebilecek geliştiricilerin varlığı gibi çeşitli parametrelerdir (Molina-Jiménez, 2020).

Bitcoin gibi kripto varlık blokzincirlerinde tam merkeziyetsiz çözümler olabileceği gibi sadece belirli bir sektörü hedefleyen kurumsal çözümlerde merkeziyetsizlik daha sınırlı olmaktadır. Örneğin TOGG projesinde, sadece bu ekosistem içindeki aktörlerin bağlı olduğu, hiçbirinin sistemi domine etmediği bir kurumsal blokzincir çözümü oluşturulması mümkündür. Bu ağdaki aktörler, kendi aralarında kriptoloji tekniklerini kullanarak gizli işlem de yapabilecektir. Hibrit bir altyapıda; bu tür blokzincir çözümlerinin merkezi sunucularla iletişim kurmaları da söz konusu olacaktır.

İnternet nasıl bilgisayar ağlarının birbirine bağlanmasıyla oluşuyorsa sistemlerimizde merkeziyetsizliği daha etkin kullanabilmek için farklı blokzincir ağlarının birbirleriyle iletişim kurması gerekecektir. Çok platformlu, birlikte çalışabilir ve ölçeklenebilir bir mimari olarak MPISA (multi-platform interoperable scalable architecture) önerilmiştir. Şekil 3'te gösterilen bu yapıda; merkeziyetsiz kimlik sistemleri, birlikte çalışma platformları ve bulut sistemleri birlikte kullanılacaktır. DAPP (decentralized application - merkezsiz uygulama) bu sistemleri kullanacak şekilde geliştirilmelidir. Akıllı sözleşme kullanan bu uygulamalar, kimlik doğrulamayı DID (merkeziyetsiz bir kimlik sistemi) aracılığıyla gerçekleştirecektir. Kullanıcı onayı alındıktan sonra uygulamanın hangi verilere erişebileceği belirlenecektir. Verilerin bulutta veya dağıtık dosya sisteminde tutulması önerilmektedir. Birlikte çalışma (interoperability) platformları kullanarak akıllı sözleşmelerin kendi buldukları blokzincir platformu dışında farklı bir blokzincire güncelleme göndermesi sağlanacaktır (Karaarslan ve Konacaklı, 2020). Bu modelin farklı çözümlere uygulanması mümkündür, bu alanda farklı çözümler üzerine çalışmalar hâlen sürmektedir.



Şekil 3. Çok platformlu, birlikte çalışabilir ve ölçeklenebilir mimari MPISA (Karaarslan ve Konacaklı, 2020)

Her ne kadar blokzincir güven sağlayan bir yapı sağlasa da platformların ve özellikle de üzerinde çalışan merkeziyetsiz servislerin güvenlik açığı taşıyabileceğinin de farkında olmak gereklidir. Merkeziyetsiz sistemler geliştirirken güvenli kod geliştirme ve blokzincir testi pratiklerine önem verilmelidir (Karaarslan ve Melih, 2021).

KRİPTO VARLIK, TOKEN EKONOMİSİ ve NFT

Kripto varlıklar (cryptocurrency) birçok kişi için sadece bir yatırım aracıdır. Oysa ki bu dijital varlıklar blokzincir platformları ve merkeziyetsiz (decentralized) servisler için sürdürülebilirliği ve güvenliği sağlamanın bir aracıdır.

Blokzincir platformlarının kendi ağlarına has kripto varlıkları bulunmaktadır. Örneğin Ether, Ethereum blokzincir ağının kripto varlığıdır. Madencilik tabanlı, PoW tam mutabakat protokolü kullanan kripto varlıklarda, sistem her blok yazıldığında yeni kripto varlıklar tedavüle çıkarır. Bu varlık bazı kripto para platformlarında direkt bloğu yazan madenciye verilirken, bazı platformlarda geliştiricilere de bir pay ayrılır. PoW protokolü çok yüksek miktarda enerji kullandığı için bazı platformlar PoS (Proof of Stake) veya hibrit tam mutabakat modellerine geçmektedir. PoS'ta sisteme bir nevi yatırım yapan (stake) düğümlerin işlem onay süreçlerinde önceliği artmaktadır. PoS'ta enerji tüketimi daha azdır ama merkeziyetsizlikten de bir miktar feragat edilmektedir.

Kripto varlık sistemlerinde kripto varlık yakma (coin burning) süreçleriyle bu varlıklar dağıtımdan çıkarılır. Bu PoB (proof of burn) tam mutabakat protokolünün çalışmasında kullanılabilmesi gibi madencilerin sistemi kendi çıkarlarına kullanmaması için de gerçekleştirilmektedir. Bu kapsamda, işlem ücreti olarak alınan ödemelerin bir kısmı sistemin güvenliği için yok edilmektedir. Bu yakma süreci bazen bir ekonomik model olarak; arz miktarını azaltarak kripto varlıkların değer kazanması için de kullanılmaktadır (Medium, 2022).

Blokzincir platformlarında herhangi bir akıllı sözleşmeye bağlı özel bir jeton (token) üretilebilir. Bu jetonları tanımlayan çeşitli standartlar bulunmaktadır. Her türlü veri jeton olarak tanımlanabilir. Bu gerçek hayattaki bir eseri, bir fikrî hakkı, bir diplomayı tanımlayabilir. Gerçek hayatta jetonlar ofislerde çay/kahve almak için kullanılmaktadır. Merkeziyetsiz yapılarda bunun gibi bir kullanım amacı için çok sayıda jeton üretilerek bir ekonomik model oluşturabilir. Farklılığa sahip bir jeton türü olan NFT'ler (Nitelikli Fikrî Tapu) akıllı sözleşmelerle ilişkilendirilebilir (Wang, 2021).

Jetonlar var olan kodlarla hızlı bir şekilde üretilebilmektedir. Hâlihazırda var olan birçok jeton sisteminde tasarım hataları bulunmaktadır ve güvenlik açıklarından dolayı yeterince güvenilir değildir. Sürdürülebilir mekanizma tasarımı ve hukuksal düzenlemeler konusunda da zorluk ve meydan okumalar (challenge) bulunmaktadır. Kullanım

amacına uygun jeton ekonomisi modelleri oluşturularak sistemlerin sürdürülebilirliği sağlanabilir (Voshmgir, 2020).

Merkeziyetsiz finans - DeFi (Decentralized Finance) ile finansın merkeziyetsizliğinin sağlanmasında ve merkeziyetsiz otonom organizasyon - DAO (Decentralized Autonomous Organization) jeton tabanlı sistemler aktif rol oynamaktadır. Jeton ve bu varlıkların tutulduğu cüzdan teknolojilerinin etkin kullanımıyla; Web 3.0 veya merkeziyetsiz web olarak adlandırılan yeni web ortamlarında, kullanıcının kendi verisine hâkim olması ve veriyi jetonlaştırması (tokenise) söz konusudur.

MERKEZİYETSİZ OTONOM ORGANİZASYONLAR (DAO)

Merkeziyetsiz otonom organizasyon - DAO, ilgili organizasyonun etkinliklerini koordine etmek için merkeziyetsizlik teknolojilerini kullanan yönetimsel yapılardır. Böyle bir yapıda yönetimsel ve finansal bilgiler şeffaftır. Organizasyona ait değişiklik süreçlerinde o organizasyona ait jetonlara sahip olan üyeler oy kullanabilecek ve değişiklikleri yürürlüğe koyacaklardır (Gogel vd., 2022).

Kaynakları dağıtmak, faaliyetleri koordine etmek ve karar verme süreçleri için DAO sistemlerinin etkin kullanımı sorgulanmaktadır. İlgili raporda (Gogel vd., 2022) da belirtildiği üzere özellikle kripto ekosistemlerin çevresel, sosyal ve yönetim (environmental, social and governance - ESG) hedefleri için bu sistemlerin kullanımı üzerine ilgi artmaktadır.

MERKEZİYETSİZ İNTERNET

İnternet, merkeziyetsiz olması hedeflenmiş olsa da özellikle alan adı sistemi (DNS) ve sertifika otoritelerinin kullanım şekliyle merkezi özellikler taşımaktadır. Bu sistemlere olan saldırılar, devletlerin sansür veya düzenleme adı altında gerçekleştirdikleri kısıtlamalar; merkeziyetsiz bir internete ne kadar ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Merkeziyetsiz internet dediğimizde IANA (Internet Assigned Numbers Authority), ICANN (İnternet Tahsisli Sayılar ve İsimler Kurumu) gibi herhangi bir regülasyon otoritesinin olmamasından söz etmiyoruz. Bu tür organizasyonlar gereklidir ama bir DAO olarak çalışması daha etkin olacaktır. Bu bölümde bu tür organizasyonlardan ziyade internet erişim süreçlerindeki merkeziyetsizlik için blokzincir teknolojisinin kullanımı ele alınacaktır.

İnternet üzerinden herhangi bir bağlantı kurmak istediğimizde; kullandığımız sistemler, öncelikle bağlanacağımız sistemin alan adını DNS (domain name service)

kullanarak IP adresine dönüştürmektedir. Bağlanılacak sistemin gerçekten ilgili sistem olup olmadığını kontrol etmek için de sertifika otoriteleri kullanılmaktadır. Bu geleneksel sürecin alternatifi veya tamamlayıcısı olan merkeziyetsiz DNS sistemlerini blokzincir teknolojisi ile geliştirmek mümkündür.

Merkeziyetsiz İnternet’te DNS geleneksel tanımının dışına çıkmaktadır. Merkeziyetsiz alan adları ile merkeziyetsiz kimlik, DAPP ve verinin depolandığı yer tanımlanabilmektedir. Merkeziyetsiz uygulamalar, bölümün başlarında da belirtildiği üzere akıllı sözleşmeler ve merkeziyetsiz kimlik kullanılmaktadır. Verinin depolandığı ve aynı zamanda sanal sunucuların çalıştığı bulut (cloud) sistemleri merkezî yapılardır. Bu yapılar yerine IPFS gibi dağıtık sistemler kullanılabilir ve aynı zamanda depolanan dosyaların bütünlüğü (integrity) garanti edilebilir (Karaarslan ve Adıgüzel, 2018).

MERKEZİYETSİZ METAVERSE

Hedeflenen metaverse ortamı için farklı görüşler olmakla birlikte, bunu Şekil 4’te verilen özelliklerle tanımlamak mümkündür. Bu özelliklerin var olmasını da merkeziyetsizlik sağlayacaktır. Metaverse kavramını ilk kullanan Stephenson, *Snow Crash* adlı eserinde metaverse ortamını hayal ederken merkeziyetsiz webi (Web 3.0) öngörmediğini ancak “metaverse”ün gerçekleşmesi için blokzincir teknolojisinin gerekli olduğunu belirtmiştir (Nelson, 2022). Blokzincir teknolojisi; güvenilir olması, birlikte çalışılabilirliği, tam işlevli ekonomisi ve dijital varlıkların kalıcılığını sağlaması ile etkin kullanılacaktır.

Blokzincir teknolojisi, herhangi bir otoritenin hâkimiyetinde olmadan herkesin güvenle işlemleri onaylayabileceği sistemlerin var

olmasını sağlayacaktır. Farklı evrenlerin bu kapsamda birbirleriyle çalışabilirliğini de bu iş için geliştirilmiş blokzincir platformları ve akıllı sözleşmelerle yapmak mümkün olacaktır. Bu süreç için de daha hızlı çalışan ve ölçeklenebilirlik süreçlerini çözmüş blokzincir platformları gerekecektir.



Şekil 4. Metaverse temel özellikler

Geleceğin metaverse ortamlarında Web 3.0 teknolojileri ve merkeziyetsiz kimlik sistemleri aktif olarak kullanılacaktır. Birey kişisel verisinin kimlerle ve nasıl paylaşıldığını takip edebilecektir. Kişisel verisini, istediğinde ekonomik değere dönüştürebilecektir. Jeton ekonomisi ile tam işlevli ekonomi ve sürdürülebilirlik sağlanabilecektir. Özellikle oluşturuvcu ekonomisi (creator economy) ile sistemin yenilenmesi ve güncellenmesi teşvik edilecektir. NFT'ler, özellikle kişiye özel varlıkları tanımlanmasını sağlamasıyla metaverse'te kullanım alanı alacaktır. Bilginin sahipliği ve kalıcılığı çok daha önemli hâle gelecektir. Birey elde ettiği dijital varlıkları (jeton, NFT vb) kaybetmeden kripto cüzdanı ile evrenler arasında taşıyabilecektir.

SONUÇ ve TARTIŞMA

Merkezî yapıların suiistimal edilerek kötüye kullanılması sonucunda yaşananlardan dolayı merkezî olmayan ya da dağıtık ağ sistemlerinin daha faydalı olup olmayacağı günümüzde araştırılmaya devam edilmektedir. Kötü organize edilmiş ve amaçlar için kullanılmış merkezî yapılar olmakla birlikte güvenliği çok iyi sağlanmış merkezî sistemler de bulunmaktadır. Diğer taraftan dağıtık sistemler arasında çok iyi çalışan sistemler var iken ciddi sorunlar barındıran uygulamalar da bulunmaktadır. Özellikle blokzincir tabanlı projeler dağıtık sistemlerin başarısını desteklemektedir. Gerçek hayatta sosyal, politik, ekonomik sistemlerin hiçbiri gerçekten monolitik değildir. Genellikle, aynı şeyi kolaylaştırmak için bir arada var olan ve iş birliği yapan çok sayıda sisteme güvenilmektedir. Dağıtılmış bir sistemin sağlamlığı, bir şeyin gerçekleştiği araçların çoğaltılmasından geliyorsa karmaşık sosyal, ekonomik organizasyonumuzun sağlamlığı da benzer hedeflere ulaşmak için birden fazla sisteme sahip olmaya bağlıdır.

Geleceğin interneti “metaverse”ün var olabilmesi, bu tür dağıtık ve merkezî olmayan sistemlerin başarısına bağlıdır. Blokzincir tabanlı teknolojilerin henüz gelişmekte olduğunu; bu sistemlerin ölçeklenebilirliğinin sağlanması, üzerlerinde geliştirilen uygulamaların güvenlik testlerinin yeterince yapılması gibi birçok alanda çalışmaya ihtiyaç duyulduğunu hatırlatmakta fayda var. Özellikle bu altyapıların sürdürülebilirliğini sağlayacak ekonomik modeller geliştirilmelidir.

KAYNAKÇA

- Allen, J. G. (2020). Bodies without Organs: Law, Economics, and Decentralised Governance. *Stan. J. Blockchain L. ve Pol'y*, 4, 53.
- Arkko, J. (2020). The influence of internet architecture on centralised versus distributed internet services. *Journal of Cyber Policy*, 5 (1), 30-45.
- Armstrong, P. (2017). *Disruptive technologies: understand, evaluate, respond*. Kogan Page Publishers.

- Benet, J. (2014). Ipfs-content addressed, versioned, p2p file system. arXiv preprint arXiv:1407.3561.
- Brekke, J. K. (2021). Hacker-engineers and their economies: The political economy of decentralised networks and 'cryptoeconomics'. *New Political Economy*, 26 (4), 646-659.
- Çevik, K. K. ve Kayakuş, M. (2020). Bilişim Teknolojileri Departmanında Kullanıcıların Taleplerine Cevap Verme Süresinin Makine Öğrenmesi ile Tahmin Edilmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8 (3), 728-739.
- Chen, S. P. (2020). *Fundamentals of Information and Communication Technologies*. Cambridge Scholars Publishing.
- Crook, M. (2019). Bringing liquidity to the new crypto economy. *Journal of Digital Banking*, 3 (3), 279-287.
- Çokbıdık, A. C. (2017). Siber Uzay ve İnsan Hakları. *Cyberpolitik Journal*, 3 (5), 133-157.
- Davis, L. (2019). Individual and Community. In *The Palgrave Handbook of Anarchism* (pp. 47-69). Palgrave Macmillan, Cham.
- Dotan, M., Pignolet, Y. A., Schmid, S., Tochner, S. ve Zohar, A. (2021). Survey on blockchain networking: Context, state-of-the-art, challenges. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 54 (5), 1-34.
- Edwards, A. (2016). Multi-centred governance and circuits of power in liberal modes of security. *Global Crime*, 17 (3-4), 240-263.
- Fernandez-Carames, T. M. ve Fraga-Lamas, P. (2020). Towards post-quantum blockchain: A review on blockchain cryptography resistant to quantum computing attacks. *IEEE access*, 8, 21091-21116.
- Geetha, J., Jagadish, R., Venkatesh, S., Varun, B. V. ve Kumar, J. N. (2022). A Survey on Various Techniques and Proposals for Improving the Cryptocurrency Protocol. In *Innovations in Computer Science and Engineering* (pp. 81-87). Springer, Singapore.
- Hashemi, A. ve Kew, S. N. (2021). The barriers to the use of ICT in English language teaching: A systematic literature review. *Bilgi ve İletişim Teknolojileri Dergisi*, 3 (1), 77-88.
- Innocente, M. S. ve Grasso, P. (2019). Self-organising swarms of firefighting drones: Harnessing the power of collective intelligence in decentralised multi-robot systems. *Journal of Computational Science*, 34, 80-101.
- Karaarslan, E. ve Adiguzel, E. (2018). Blockchain based DNS and PKI solutions. *IEEE Communications Standards Magazine*, 2 (3), 52-57.
- Karaarslan, E., Birim, M. (2021). *Blokzincirde Güvenli ve Güvenilir Uygulama Geliştirme Temelleri, Siber Güvenlik ve Savunma: Blokzinciri ve Kriptografi*, s. 1-48, Nobel Yayınevi
- Karaarslan, E., and Konacıklı Enis. (2020). Data Storage in the Decentralized World: Blockchain and Derivatives. In S. Prof. Gülseven, E. Res. Asist. Akadal ve S. Prof. Kumar Sharma (Eds.), *Who Runs the World: Data* (pp. 37-69). Retrieved from <https://iupress.istanbul.edu.tr/tr/book/who-runs-the-world-data/home>
- Khalil, E. A. ve Özdemir, S. (2018). Nesnelerin İnternetine Genel Bir Bakış: Kavram, Özellikler, Zorluklar ve Fırsatlar. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24 (2), 311-326.
- Kosmarski, A. (2020). Blockchain adoption in academia: Promises and challenges. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6 (4), 117.

- Krone, M. ve Dannenberg, P. (2019). *Development or divide? Information and communication technologies in commercial small-scale farming in East Africa*. Digital economies at global margins, 79-101.
- Li, D., Liu, W., Deng, L. ve Qin, B. (2021). Design of multimedia blockchain privacy protection system based on distributed trusted communication. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 32 (2), e3938.
- Llewellyn Evans, G. (2017). *Disruptive technology and the board: The tip of the iceberg*. Economics and Business Review, 3 (1).
- Magazzino, C., Porrini, D., Fusco, G. ve Schneider, N. (2021). Investigating the link among ICT, electricity consumption, air pollution, and economic growth in EU countries. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 16 (11-12), 976-998.
- Medium. 2022. Coin Burning: What is and How Does it Work?. [online] Available at: <https://medium.com/@cryptoaims/coin-burning-what-is-and-how-does-it-work-f0ade73dcb46> [Accessed 18 June 2022].
- Molina-Jiménez, C., Sfyarakis, I., Song, L., Nakib, H. D. A. ve Crowcroft, J. (2020). The benefits of deploying smart contracts on trusted third parties. arXiv preprint arXiv:2010.12981.
- Mathew, A. J. (2016). The myth of the decentralised internet. *Internet Policy Review*, 5 (3), 1-16.
- Nelson, J. (2022). ‘Snow Crash’ Author Neal Stephenson Is Building a ‘Free Metaverse’ Called Lamina1, <https://decrypt-co.cdn.ampproject.org/c/s/decrypt.co/102646/snow-crash-author-neal-stephenson-is-building-a-free-metaverse-called-lamina1>
- Nakamoto, S. (2008). *Re: Bitcoin P2P e-cash paper*. The Cryptography Mailing List, 1-2.
- Perskaya, V. V. ve Krasavina, L. N. (2019). The role of supply chain management in competitiveness of information and communication technologies. *International Journal of Supply Chain Management*, 8 (5), 1102-1113.
- Rajasekhar, D., Babu, M. D. ve Manjula, R. (2018). Elite capture in decentralised institutions: a literature survey. *Decentralised Governance, Development Programmes and Elite Capture*, 19-29.
- Özveinç, N. ve Yengin, D. (2021). Dijital Dünyada Medya Okuryazarlığı Olgusu: Gelişim Evi Spor Kulübü. *Yeni Medya Elektronik Dergisi*, 5 (1), 35-48.
- Park, H., Kim, H. S. ve Park, H. W. (2021). A scientometric study of digital literacy, ICT literacy, information literacy, and media literacy. *Journal of Data and Information Science*, 6 (2), 116-138.
- Pohle, J. ve Voelsen, D. (2022). Centrality and power. The struggle over the techno-political configuration of the Internet and the global digital order. *Policy and Internet*, 14 (1), 13-27.
- Rowstron, A. ve Druschel, P. (2001, November). Pastry: Scalable, decentralized object location, and routing for large-scale peer-to-peer systems. In *IFIP/ACM International Conference on Distributed Systems Platforms and Open Distributed Processing* (pp. 329-350). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Tunali, H. ve Güz, T. (2021). Bilgi Ve İletişim Teknolojileri Gelişim Endeksi ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Panel Veri Modelleri ile Karşılaştırmalı Analizi. *İktisadi İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 6 (15), 249-261.
- Singh, N. K. ve Mahajan, V. (2021). End-User Privacy Protection Scheme from cyber intrusion in smart grid advanced metering infrastructure. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 34, 100410.

- Sha, R. ve Chow, A. H. (2019). A comparative study of centralised and decentralised architectures for network traffic control. *Transportation Planning and Technology*, 42 (5), 459-469.
- Sharon, S., Krishnamoorthy, A. R. ve Salis, V. E. (2022). Design Study on Actuated Traffic Control System Using Internet of Vehicles for Smart Cities. *ECS Transactions*, 107 (1), 19253.
- Swartz, L. (2018). What was Bitcoin, what will it be? The techno-economic imaginaries of a new money technology. *Cultural Studies*, 32 (4), 623-650.
- Sweeny, R. W. (2013). Complex digital visual systems. *Studies in Art Education*, 54 (3), 216-231.
- Voshmgir, S. (2020). *Token Economy: How the Web3 reinvents the Internet*, Shermin Voshmgir, BlockchainHub Berlin; Second edition, ISBN: 3982103819
- Wang, Q., Li, R., Wang, Q. ve Chen, S. (2021). Non-fungible token (NFT): Overview, evaluation, opportunities and challenges. arXiv preprint arXiv:2105.07447.
- Gogel, D., Kremer, B., Slavin, A, Werbach. K. (2022), *Decentralized Autonomous Organizations: Beyond the Hype*, WEF White Paper
- Yoo, C. S. (2018). Paul Baran, Network Theory, and the Past, Present, and Future of the Internet. *Colo. Tech. LJ*, 17, 161.
- Zhao, L. ve Song, W. (2018). Decentralized consensus in distributed networks. *International Journal of Parallel, Emergent and Distributed Systems*, 33 (6), 550-569.