



Blockchain Applications In Structural Engineering

Ali GÜRBÜZ*¹

¹Recep Tayyip Erdogan University, Department of Civil Engineering, Rize, Turkey.
Corresponding Author: ali.gurbuz@erdogan.edu.tr

Keywords:

*Blokchain,
Blockchain
Application in Civil
Engineering.*

Abstract

The aim of this article is to reveal the uses of blockchain in structural engineering. For this purpose; The contribution of this new technology to structural engineering was investigated. Blockchain is a thecnology called “Decentralized organization” or “distributed organization”. The first blockchain application was developed in 2009. The financial sector is where the system is mainly used. The application of the system in the construction industry only focuses on issues such as information sharing and intellectual property rights. Exemplary practices have already been developed in many countries. When the existing applications are examined, it is understood that blockchain projects can contribute to the building sector in fields such as certification, logistics, audit, valuation.

Yapı Mühendisliğinde Blok Zinciri Uygulamaları

Anahtar Kelimeler;

*Blok Zinciri,
İnşaat
mühendisliğinde Blok
zinciri uygulamaları.*

Özet

Bu makalenin amacı blok zincirinin yapı mühendisliğindeki kullanım alanlarını ortaya koymaktır. Bu amaçla; bu yeni teknolojinin yapı mühendisliğine sağlayabileceği katkılar araştırılmıştır. Blok zinciri; “merkezi olmayan organizasyon” veya “dağıtılmış organizasyon” olarak isimlendirilen bir teknolojidir. İlk blok zinciri uygulaması 2009 yılında gerçekleştirilmiştir. Sistemin ağırlıklı olarak kullanıldığı yer finans sektörüdür. Sistemin inşaat endüstrisindeki uygulamaları henüz sadece bilgi paylaşımı ve fikri mülkiyet hakları gibi konular üzerine yoğunlaşmaktadır. Halihazırda birçok ülkede örnek uygulamalar geliştirilmiştir. Mevcut uygulamalar incelendiğinde blok zinciri projelerinin sertifikasyon, belgelendirme, lojistik, denetim, değerlendirme gibi alanlarda yapı sektörüne katkı sağlayabileceği anlaşılmaktadır.

1 GİRİŞ

Blockchain veya blok zinciri ilk olarak 2008 yılında yayımlanan “Eşler arası elektronik para sistemi” isimli bir makaleyle ortaya çıkmış ve mevcut parasal sisteme yeni bir alternatif önermiştir (Nakamoto, 2008). Yazar, söz konusu makalesinde takma isim kullanarak kimliğini gizlemeyi tercih etmiştir (Ünal ve Kocaoğlu, 2018). Bir yıl sonra ise önerdiği sistemi gerçeğe dönüştürerek, uygulamaya sokmuştur (Ünal ve Kocaoğlu, 2018). Yazılış amacına uygun olarak finans sektörü blockchain sistemini çok hızlı benimsemiştir. Ortaya çıkışı henüz 10 yıl geçmesine rağmen bugün blockchain tabanlı finans sistemlerinin toplam hacmi 6500 ton değerinde saf altına karşılık gelmektedir. Yazar bir yıl sonra teorisini gerçeğe dönüştürerek ilk blok zinciri uygulamasını piyasaya sürmüştür. Takip eden yıllarda farklı uygulamalar gelişmiş ve gelişmeye devam etmektedir.

Blok zinciri kullanımının temel amacı merkezi bir otoriteye bağlı kalmadan işlem yapabilmektir. “Merkezi olmayan” veya “dağıtılmış” diye isimlendirilen sistemlerin temel prensibi; bilgiyi bir merkezde depolamak

yerine, sistemdeki bütün paydaşlara dağıtma esasına dayanır. Blokchainin dağıtılmış sistemlere getirdiği en büyük yenilik ise bilginin bütün paydaşlarca görüntülenebilmesi fakat değiştirilememesidir. Bir başka ifadeyle blockchain teknolojisi şeffaflık gerektiren uygulamalarda güçlü bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. Halihazırda bu teknolojiden faydalanılan alanlara; elektronik oylamalar, noterlik hizmetleri, dijital kimlik belgeleri, online sözleşmeler, satınalma hizmetleri gösterilebilir.

Blok zinciri teknolojisine kamusal yatırımların yanısıra özel sektör kuruluşları da ilgi duymaktadır. İnşaat sektörü açısından bakıldığında; sektörün sağladığı istihdam ve diğer iş gruplarıyla olan yüksek etkileşimi nedeniyle inşaat endüstrisinin değişimlerden etkilenmemesi mümkün değildir.

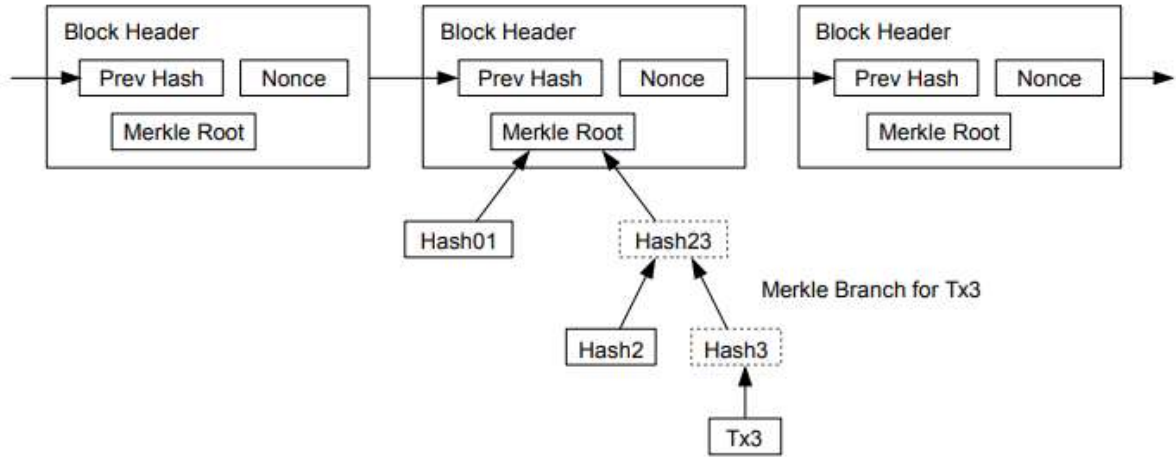
Sektörün önemli firmaları basına verdikleri demeçlerle blok zinciri teknolojisine yatırım yaptıkları ve gelişmeleri yakından takip ettiklerini göstermektedirler (Byrne, 2018). Yapı mühendisliğinin önemli yazılım firmaları da blok zincirinin merkeziyetsiz ve güvenilir bir kayıt sistemi olmasının avanajlarına değinmiştir (Byrne, 2018). Ayrıca sistemin değiştirilemezliğe sahip olduğunu ve bu özelliğiyle sürece bir çok insanın dahil olduğu ama kimsenin birbirine güvenmediği inşaat sektöründe bazı uygulamalara konu olabileceği vurgulanmaktadır (Byrne, 2018).

2 BLOK ZINCIRI

Block zinciri; birbirine bağlı halkalardan (bloklardan) oluşan bir ağ zincirini ifade eder. şifrelenmiş işlem yapma ve takip etme sağlayan bir dağıtılmış veritabanı sistemidir. Bütün unsurlarıyla ilk defa ortaya çıkmış bir sistem değildir. Dağıtılmış veritabanları daha önceden bilinen sistemlerdir (Wu ve Befford, 1996; Kunnathur ve Solis, 1989; Lee, 1989). Şifrelemesi ise yazılım tarihinden çok daha eski tarihlerde bile kullanılmaktadır. Blok zinciri; dağıtılmış veri tabanını özel anahtarlı şifreleme ve sistemin sürekliliğini sağlayacak bir teşvik sistemi ile birleştirmiştir. Böylece hiçbir merkeze bağlı olmadan işlem yapılabilen, takip edilebilen fakat değiştirilemeyen bir sistem ortaya çıkmıştır. Bu özellikleriyle kullanıcılar arasında herhangi bir kurum, otorite veya 3. şahıslara ihtiyaç kalmadan güvenli işlem yapabilmeyi sağlamaktadır. Aracıları ortadan kaldırdığı için mevcut sistemlere önemli bir alternatif olarak ön plana çıkmaktadır. Kullanım alanları her geçen gün artmakla birlikte günümüzde para transferi, dijital kimlik, akıllı reklamlar, dijital oy kullanma, tedarik zinciri oluşturma ve yönetme, ihale açma ve yönetme, tasdik ve onay gibi bir çok alanda kabul görmüştür.

2.1. Blok Zincirinin Çalışma Prensibi

Zincir şeklinde birbirine bağlı veri bloklarından oluşan bu sistemin çalışma prensibi temelde çok basit iki esasa dayanmaktadır. Bunlardan bir tanesi; verileri “bir ana bilgisayarda depolamak yerine ağa dahil olan paydaşların tamamında birden depolamak”dır. Diğeri ise; “sisteme eklenen herbir verinin kalıcı olması”dır. Eğer herhangi bir veride değişiklik yapılmak istenirse, eski veriyi silmek yerine zincire o verinin güncel bir versiyonunu eklemek gerekmektedir. Böylelikle yapılan tüm düzenler de anonim olarak arşivde görünür kalacaktır. Sisteme girilen her veri için bir başlık ve yüksek güvenli bir şifre kullanır. Bu şifre aynı zamanda veriyi giren kullanıcının kimliğidir. Bir veri girişi tamamlandığında, şifrelenmiş veriler “hash” adı verilen bir sayısal değer ile kaydedilir. Devam eden veri girişleri için aynı formül kullanılarak yeni hash oluşturulur. Birden fazla hash aynı metodla birleştirilerek bir üst hashi oluşturabilir. Hash oluşturma işlemi tamamlandığında, oluşturulan hashlar blokların. Blok oluşturulduktan sonra zincirin bir halkası olarak blok zincirine eklenmelidir. Ekleme işlemi sistemdeki diğer kullanıcıların işlemin doğruluğunu onaylaması ile gerçekleşir. Sisteme eklenen bütün bloklar bir seri numarası ile birbirlerine bağlıdır. Bu seri numarası blokların kesintisiz devamını sağlar. Bir başka ifadeyle sistemden veri silmek mümkün değildir. Sistemin işleyişini anlamak için defter benzetmesi kullanılmaktadır. Buna göre; bir blok zinciri; sayfa numaraları olan bir deftere benzetilebilir; defterin her sayfası bir bloktur ve yeni bir veri girildiğinde silinmez kalemle bir önceki sayfadan devam edilmek üzere yeni bir sayfa yazılır (Avunduk ve Aşan, 2018; Hampton, 2016). Bir sayfayı oluşturmak dakılar sürmektedir ve sistemdeki kullanıcılar sürekli olarak yeni sayfalar eklemektedir (Avunduk ve Aşan, 2018; Hampton, 2016). Sayfaları herkes okuyabilir fakat sayfa numarası bir kez kullanıldığı için sistemdeki verilerin değiştirilmesi ancak zincirin tekrar yazılmasıyla mümkündür (Avunduk ve Aşan, 2018; Hampton, 2016). Yeniden yazma ihtimalini ortadan kaldırmak için en çok kullanıcı tarafından doğrulanan en çok sayfa sayfası olan defter, gerçek defter kabul edilmiştir (Avunduk ve Aşan, 2018; Hampton, 2016). Teorik olarak sistemde hile yapılmasının tek yolu; kullanıcıların %51’inin bilgisayarını ele geçirmek olarak ifade edilmektedir. Kullanıcı sayısı arttıkça sistemin güvenilirliği %100’e yaklaşmaktadır. Şekil 1’deki sistemin ilk mucidi (Nakamoto, 2008) tarafından çizilen şematik görüntü, blok zincirinin çalışma prensibini göstermektedir.



Şekil 1. Blok Zincirinin Şematik İfadesi (Nakamoto, 2008)

3 YAPI MÜHENDİSLİĞİNDE BLOK ZİNCİRİ UYGULAMALARI

Yapı mühendisliği uygulamaları çok sayıda iş kolundan oluşan geniş bir tedarik zinciri kullanmaktadır. Bütün bu araçlar ve aracılık hizmetleri ortaya çıkan son ürünün maliyetini önemli ölçüde artırmaktadır. Bu aracı hizmetlerin maliyeti ülke ve bölge faktörlerine bağlı olarak değişmekle birlikte toplam iş maliyetinin %50'sine kadar çıkabilmektedir (Dakhli ve ark., 2019). Yapı mühendisliğinde blok zincirinin kullanılabilirdiği bir çok sektör var. Bunların başında gayrimenkul sektörü gelmektedir. Herhangi bir taşınmaz ile ilgili bütün veriyi bir blok haline getirip şeffaf bir şekilde saklamak önemli avantajları barındırmaktadır. Buradaki anahtar özellik blok zincirinin temel yapısı olan “kaydedilip ilan edildikten sonra değiştirilemezlik” olmaktadır. Geleneksel uygulamada; bir gayri menkule ilişkin tescil işlemleri, sahteciliğe karşı tasdik işlemleri, alım satım için emlak komisyon işlemleri aracı kurum ve kuruluşlarca yapılmaktadır. Bu işlemler için gayrimenkulün fiyatı üzerinden önemli komisyon ücretleri ödenmektedir. Modern blok zinciri uygulamaları ise bütün bu işlemlere şeffaf ve güvenilir bir alternatif oluşturarak önemli oranda tasarruf sağlayabilmektedir. Taşınmazın kime ait olduğu, pafta bilgileri, alım satım bilgileri ve üzerinde hangi işlemlerin yapıldığı gibi bütün veriler kamuya açık şekilde bir blok zincirinde muhafaza edilebilmektedir. Birleşik Arap Emirlikleri, Estonya ve İsveç bu tür işlemlerin blok zinciri uygulamaları ile dijital ortama taşınmasında öncülük etmektedirler. Değişim hızı göz önüne alındığında yakın gelecekte bu uygulamaların Dünya’da hızla yaygınlaşacağı öngörülebilir. Rusya’da Vnesheconombank ve Konut İpoteği Kredilendirme Ajansı (AHML) tarafından ortak gerçekleştirilen blok zinciri projesi ile inşaat sektöründe akıllı sözleşmeler uygulamaya koyulmuştur (Rychagov ve Kinyakina, 2018). Örnek olarak Leningrad bölgesinde uygulanan konut kredi ve ipotek işlemleri ön görülen bir dakikalık süre dolmadan tamamlanmıştır (Rychagov ve Kinyakina, 2018). Söz konusu uygulama ile ortalama 5 gün süren gayrimenkul işlemleri blok zinciri teknolojisi ile 1 dakikada tamamlanabilmektedir (Rychagov ve Kinyakina, 2018). Resmi işlemlere ilk örneklerden bir tanesi 2007 yılında Ukrayna’da gerçekleşen mesken alım satımıdır. Amerika Birleşik Devletleri’ndeki bir amerikan vatandaşı blok zinciri üzerinden Ukrayna’daki gayrimenkulu resmi olarak satın almış ve gayrimenkul alım satım ücretini dahi blok zinciri tabanlı bir sanal para ile ödemiştir (Ablyazov ve Petrov, 2019).

Gayri menkul işlemleri dışında da yapı mühendisliğinde denenmiş ve başarıya ulaşmış bir çok blok zinciri uygulaması mevcuttur. Bunlardan biri de “dijital sözleşmeler” veya bir diğer adıyla “akıllı sözleşmeler”dir. Dijital sözleşmeler; sigorta sözleşmeleri, ihale, alım satım sözleşmeleri gibi rutin anlaşmaları çok daha hızlı, masrafsız ve güvenli hale getirmektedir. Yapı mühendisliğinde bir işin tamamlanması için birden çok paydaşa ihtiyaç vardır. Bu nedenle her iş için sözleşmeler tanzim etmek kaçınılmazdır. Blok zincirinin güven ve şeffaflık alanındaki yenilikleri burada önemli bir kullanım sahası sunmaktadır. Herhangi bir işe ait dijital bir sözleşme oluşturularak tarafların blok zincirine dahil olan kullanıcıların onayıyla sözleşme imzalaması, alım satım yapması, yapılan işlere onay vermesinin mümkün olduğunu belirten (Mason ve Escott, 2018) konuyla ilgili yaptıkları çalışmada; Londra ‘da faaliyet gösteren inşaat şirketleri üzerinden konuyu incelemiş ve dijital sözleşmeler yoluyla inşaat sektöründe maliyetlerin ciddi oranda azaltılabileceğini göstermiştir.

Blok zinciri dijital bir sistemdir. Bu nedenle yapı mühendisliğinde uygulanabilirliği en kolay alanlardan birisi de BIM (Building Information Management) kısaltmasıyla bilinen yapı bilgi modellemesidir. Yapı bilgi modellemesine ilişkin yazılımlar; bir inşaatın en başından en sonuna kadar planlama, ihale, tedarik, yapım, denetim, yönetim ve izleme aşamalarını dijital ortamda yürütmeyi sağlar (Turk, 2016).

Blok zincirinin IOT (Internet of Things) kısaltmasıyla bilinen “nesnelerin interneti” teknolojisiyle birlikte kullanılması halinde yapı mühendisliği alanında verimliliği artıracığı öngörülmektedir (Heiskanen, 2017). İş makineleri üreticileri ve çeşitli inşaat malzemesi üreticileri gibi yapı sektöründe faaliyet gösteren büyük şirketler ürünlerine IOT uygulamaları etmektedirler (Heiskanen, 2017). Tamamı insan kontrolünde yapılan işlerde sıkça hatalar meydana gelmektedir (Heiskanen, 2017). IOT uygulamaları insan faktörüne bağlı hataları en aza indirmek için kullanılmaktadır. (Heiskanen, 2017) 2004 yılında gerçekleştirdiği bir konut projesi sırasında hiçbir katma değeri olmayan değişikliklerle ilgili süreç analizi yaptığını ifade etmiştir. Buna göre; dairelerde yapılacak bir değişiklik için 11 şirket, 48 ana işlem adımı ve 27 farklı bilginin değişmesi gerekmiştir (Heiskanen, 2017). Şantiyeye zamanında ulaştırılamamış betonun binalarda kullanılması sonucu yıkılan binalar çok daha kötü bir örnek olarak gösterilebilir (Heiskanen, 2017). Kullanılan IOT uygulamalarının bir blok zinciri ile birbirine eklenmesi bütün iş genelini çok daha hızlı, izlenebilir, şeffaf ve emniyetli hale getirecektir.

Örneğin kullanım oranları dikkate alındığında hazır betonun inşaat sektörü için özel bir yeri olduğu görülür. Bu nedenle (lanko ve ark., 2017) Hazır beton santrallerini inceleyerek, betonun üretiminden başlayıp zamanında ve uygun şartlarda şantiyeye taşınmasını temin edecek bir blok zinciri uygulaması önermişlerdir. Önerilen uygulama; bu teknolojinin sektördeki gelişime sağlayacağı katkıyı ortaya koyan iyi örneklerden birisidir. hazır beton üretim, nakliye ve denetim aşamalarında bu teknolojiden yararlanmak olacaktır. Blok zinciri tabanlı uzaktan kontrol sistemleri üzerine yapılan çalışmalar ileride bu sistemlerin daha da yaygınlaşacağını göstermektedir (Kogure ve ark., 2017).

İnşaat sektöründeki uygulamalara ilişkin bir diğer örnek keşif ve metraj hesaplarında blok zincirinden yararlanılmasıdır. İyi organize edilmiş akıllı sözleşmeler ve blok zincirleri ile yapı maliyet hesapları daha gerçekçi hale getirilebilmektedir (Barima, 2017).

Blok zinciri teknolojisinin devamlı yaygınlaşan uygulama alanları bu makale ve benzer araştırmaların da yaygınlaşmasını teşvik etmiştir. Son bir kaç yıl içinde blok zincirinin kullanılabilirliği sektör ve uygulamaların incelenmesi için çok sayıda makale ile araştırma projeleri yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir (Li ve ark., 2019; Turk, 2017; Hultgren ve Pajala, 2018).

4 SONUÇ

Bu makalede blok zinciri teknolojisinin yapı mühendisliği alanındaki uygulama sahaları incelenmiştir. Yapılan araştırmalar bu teknolojinin henüz çok yeni olduğunu ve yapı mühendisliği ile ilişkili uygulamaların son bir kaç yıl ile sınırlı olduğunu ortaya koymuştur. Buna rağmen bir kaç yıl içinde oldukça fazla sayıda proje hayata geçmiş ve geçmektedir. Bir teknolojinin bu kadar hızlı yayılması ve bir çok devletin bu teknolojinin geliştirilmesine yönelik teşvikleri belki de blok zincirinin sahip olduğu potansiyelden daha fazla ilgi görmesine sebep olmuştur. Sistemi yeni bir element, bir imalat tekniği veya bir son ürün olarak düşünmek yerine yeni bir bilgi paylaşım metodu olarak görmek çok daha gerçekçi olacaktır. Fakat bunu yaparken internetin de bir bilgi paylaşım metodu olduğunu ve internetin icadı ile Dünya’da yol açtığı gelişimi gözardı etmemek gerekir. Bu makalede elde edilmek istenen sonuç; blok zinciri ile çalışan mevcut uygulamalara bakarak bugünkü durumu yorumlamak ve ilerideki potansiyel kullanım sahalarına ilişkin tahmin yürütmektir.

Halihazırda blok zinciri tabanlı bir çok pilot uygulama faaliyete geçmiş olmakla birlikte, bütün bu uygulamaların tamamı aslında birer “bilgi paylaşımı” veya “iletişim”den ibarettir. Sektöre getirdiği yenilik ve kullanım alanlarının tamamı aslında blok zincirinin iki anahtar özelliğiyle sınırlıdır. Bu iki özellik;

- “Bir depolama merkezine ihtiyaç duyulmadan bilgi depolama” özelliği ve
- “Sisteme herkesin yeni bilgi ekleyebilmesine rağmen hiç kimsenin mevcut bilgiyi değiştirememesi” özelliğidir.

Sistemi kullanan tüm uygulamalar bu iki özelliği birleştirerek “bir merkezi otoriteye güvenme ve bu güvenin karşılığı olan zaman kaybı ile komisyon harçlarını ortadan kaldırma” prensibine dayanmaktadır. Bir bilginin asla değiştirilemez olması ve isteyen herkesin bu bilgiye ulaşabilmesi; teorik olarak onay ve tasdik için merkezi bir otoriteye olan ihtiyacı ortadan kaldırabilir. Örneğin; geleneksel sistemde bir gayrimenkulun kime ait olduğunun tasdik edilmesi için tapu dairesinin sisteminde depolanan bilgiler esas alınır. Buna karşılık bu bilginin

güncellenmesi için tapu dairelerinden randevu alınması, noter, banka, avukat gibi birçok aracı kullanılması gerekir. Ayrıca tüm bu araçlara işlem ücretleri ödenmektedir. Gayrimenkulun kime ait olduğunun belirlenmesinde tapu dairesi kayıtları yerine bir blok zinciri esas alındığını varsayalım. Bu durumda gayrimenkule ilişkin bilgileri herkes görebilecek fakat hiç kimse değiştiremeyecektir. Bilginin güncellenmesi, örneğin gayrimenkulun el değiştirmesi için gayrimenkul sahibinin zincire yeni bir blok eklemesi yeterli olacaktır. Böylece hem işlem çok hızlı bir biçimde tamamlanacak hem de araçlar ve ücretler ortadan kalkacaktır. Benzer şekilde; bir ihaleye herkesin teklif verebilmesi ve verilen teklifleri herkesin görebilmesi hile ve dolandırıcılık riskini ortadan kaldırmaktadır.

Kamu ve özel sektörde tek bir kuruluşun yürüttüğü belgelendirme, denetim, onay gibi hizmetleri kamuya yayarak herkesin ortak sorumluluğuna vermek elbetteki bir anda uygulanması zor bir senaryodur. Bu nedenle blok zinciri tabanlı uygulamaların resmîleşmesi, yasal mevzuatın hazırlanması ve uygulamaya koyulması pilot uygulamalar ile başlayıp zamanla yaygınlaşması beklenmektedir. Bazı devletlerin blok zinciri uygulamalarına teşvik ve öncülük etmesi bu teknolojinin Dünya genelinde resmîyet kazanmasını da kolaylaştıracaktır.

Blok zinciri teknolojisinin bugünkü haliyle kullanım alanlarını Provenance şirketinin kurucu CEO'su Jessi Baker'm ifadesi tek cümleyle özetlemektedir. "Hizmet sağlayıcılar itibarlarını güçlendirmek için tedarik zincirlerindeki şeffaflığı giderek daha fazla arttırmak istiyor. Tüketiciler ise satın aldıkları hizmetle ilgili giderek daha fazla bilgi öğrenmek istiyor. Blok zinciri her ikisini de sağlamaya yardımcı olabilir" [20].

Referanslar

Anand S. Kunnathur, Rafael Solis, (1989). Multiple copy file allocation and placement in a distributed information network, *Computers & Industrial Engineering*, (16), 2, 225-234. ISSN 0360-8352, [https://doi.org/10.1016/0360-8352\(89\)90141-1](https://doi.org/10.1016/0360-8352(89)90141-1).

Avunduk, H., Aşan, H., (2018). Blok Zinciri (Blockchain) Teknolojisi ve İşletme Uygulamaları: Genel Bir Değerlendirme, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (33), 1, ss.369-384.

Byrne, S., (2018). Autodesk CEO tips blockchain to cut construction industry corruption, *Australian Financial Review*, Nov 19, 2018. [Online] Available: <https://www.afr.com/technology/autodesk-ceo-tips-blockchain-to-cut-construction-industry-corruption-20181116-h17z3z>

Heeseok Lee, "Time and cost tradeoff for distributed data processing" *Computers & Industrial Engineering*, Volume 16, Issue 4, 1989, Pages 553-558, ISSN 0360-8352, [https://doi.org/10.1016/0360-8352\(89\)90172-1](https://doi.org/10.1016/0360-8352(89)90172-1).

Ablyazov, T., Petrov, I., (2019). Influence of blockchain on development of interaction system of investment and construction activity participants, *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 497 012001, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/497/1/012001>

Barima, O., (2017). Leveraging the blockchain technology to improve construction value delivery: the opportunities, benefits and challenges. In: Hall, K. (ed.) *Construction Projects*, pp. 93–112. Nova Science Publishers Inc, New York, USA.

Dakhli, Z., Lafhaj, Z., Mossman, A., (2019). The Potential of Blockchain in Building Construction, *Buildings*, 9(4), 77. <https://doi.org/10.3390/buildings9040077>

Hampton, N., (2016). Understanding the blockchain hype: Why much of it is nothing more than snake oil and spin. *Computerworld*. <http://www.computerworld.com.au/article /606253/ understandingblockchain-hype-why-much-it-nothing-more-than-snake-oilspin/>.(10.12.2017).

Heiskanen, A.(2017). The technology of trust: how the internet of things and blockchain could usher in a new era of construction productivity The technology of trust: how the internet of things and blockchain could. *Constr. Res. Innov.* 8, 66–70

Kogure, J., Kamakura, K., Shima, T., Kubo, T. (2017). Blockchain technology for next generation *ICT. Fujitsu Sci. Tech. J.* 53, 56–61

Lanko, A., Vatin, N., Kaklauskas, A., (2018). Application of RFID combined with blockchain technology in logistics of construction materials. *Matec Web of Conferences*, 170, 03032 *International Conferences of*

Business Technologies for Sustainable Urban Development, Section: Engineering Systems and Building Materials, 13 June 2018. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201817003032>

Li J., Greenwood D., Kassem M. (2019) Blockchain in the Construction Sector: A Socio-technical Systems Framework for the Construction Industry. In: Mutis I., Hartmann T. (eds) *Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00220-6_7

Mason, J., Escott, H. (2018). Smart contracts in construction: views and perceptions of stakeholders. *In Proceedings of FIG Conference*, Istanbul May. Available from: <http://eprints.uwe.ac.uk/35123>

Michael Hultgren and Fredrik Pajala, (2018). Blockchain technology in construction industry- Transparency and traceability in supply chain, *Royal Institute Of Technolog, Department Of Real Estate And Construction Management, Master Thesis Number: TRITA-ABE-MBT-18241*, Stockholm, Sweden. 2018.

Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>.

Rychagov, M., Kinyakina, E. (2018). Blockchain üzerinde Rosreestr. Mortgage işlemi bir dakika içinde kaydedilebilir, *Forbes*, [Online] Available: <https://www.forbes.ru/tehnologii/356893-rosreestr-na-blokcheyne-ipotechnuyu-sdelku-mozhno-zaregistrirovat-za-minutu>

Turk, Z. (2016). Ten questions concerning building information modelling, *Building and Environment*, 107 (2016), pp. 274-284.

Turk, Z., Klinc, R. (2017). Potentials of Blockchain Technology for Construction Management, *Procedia Engineering, Volume 196*, Pages 638-645

Unilever Türkiye, (2019). Blockchain (Blok zinciri) nedir? *Haberler -Bu teknolojiyi kimler neden kullanır?* [Online] Available: <https://www.unilever.com.tr/news/news-and-features/2019/block-zinciri-nedir.html>

Ünsal, E., Kocaoğlu, Ö., (2018). Blok Zinciri Teknolojisi: Kullanım Alanları, Açık Noktaları ve Gelecek Beklentileri, *European Journal of Science and Technology*, No. 13, pp. 54-64. DOI: 10.31590/ejosat.423676.

Wu, C., Befford, G. G., (1996). Improving the flexibility for replicated data management in distributed database systems, *Computers & Industrial Engineering, Volume 31*, Issues 3-4, December, Pages 901-905. [https://doi.org/10.1016/S0360-8352\(96\)00274-4](https://doi.org/10.1016/S0360-8352(96)00274-4)