

BOYA MALZEMESİNİN KABULÜ İÇİN BLOKZİNCİR TABANLI AKILLI SÖZLEŞME ALGORİTMASI ÖNERİSİ

Ali UZUNKAYA¹, Önder Halis BETTEMİR^{2*}

^{1,2}İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Malatya, 44200, Türkiye

Geliş Tarihi/Received Date: 13.07.2024 Kabul Tarihi/Accepted Date: 29.09.2024 DOI: 10.54365/adyumbd.1515460

ÖZET

Blokzincir tabanlı akıllı sözleşme algoritmalarının yaygınlaşması ile sözleşme koşullarının uygulanması hızlanmakta ve üçüncü taraflara ödenen komisyon maliyetleri önemli ölçüde azalmaktadır. Bu çalışmada blokzincir tabanlı akıllı sözleşme algoritması ile bir inşaatın boya işlerinin gerçekleştirilmesi için maliyet, süre ve kalite hususlarını dikkate alarak süreci yönetebilecek bir çerçeve sistem önerilmiştir. İnşaat öncesi hazırlanan iş programı, metraj değerleri, sözleşmede tanımlanan kalite, renk ve sınıf tariflerini dikkate alan akıllı sözleşme algoritması ne zaman ve ne kadar boya malzemesine ihtiyaç duyulacağını belirlemektedir. Önceden anlaşılan tedarikçinin stok durumu dikkate alınarak zamanında teslimat yapma imkânı değerlendirilip teslimat süreci başlayan malzemenin ön ödemesi gerçekleştirilmektedir. Barkod ve renk kodu okumalarıyla boyanın sözleşmede belirtilen standartlara uygunluğu kontrol edilmektedir. Ödemeler blokzincir aracılığıyla kripto paralarla yapılacağından, üçüncü taraflara ödenecek komisyonlar azalacaktır. Önerilen sistemle, malzeme siparişi ve teslimat süreçlerindeki insan müdahalesi ve hatalar en aza indirilecek, proje paydaşları arasındaki anlaşmazlıklar azalacak, süreç hızlanacak ve maliyetler düşecektir.

Anahtar Kelimeler: Blokzincir, akıllı sözleşme, tedarik yönetimi, kalite kontrol, sözleşme yönetimi

PROPOSAL OF A BLOCKCHAIN-BASED SMART CONTRACT ALGORITHM FOR PAINT MATERIAL ACCEPTANCE

ABSTRACT

Implementation of contract terms is accelerated and commission costs paid to third parties are significantly reduced with the widespread use of blockchain-based smart contract algorithms. In this study, a framework system that can manage the process by taking into account the cost, time and quality issues for the realization of the painting works of a construction with a blockchain-based smart contract algorithm is proposed. Taking into account the work schedule, bill of quantities prepared before construction, as well as the quality, color and class descriptions defined in the contract the smart contract algorithm determines when and how much paint material will be needed. Considering the stock status of the previously agreed supplier, the possibility of timely delivery is evaluated and prepayments are made for the material for which the delivery process has started. The conformity of the paint to the standards specified in the contract is checked through barcode and color code readings. Commissions to be paid to third parties will be reduced, since payments will be made with cryptocurrencies through the blockchain. With the proposed system, human intervention and errors in material ordering and delivery processes will be minimized, disputes between project stakeholders will be reduced, the process will accelerate and costs will decrease.

Keywords: Blockchain, smart contract, supply management, quality control, contract management

* e-posta¹: aliuzunkaya94@gmail.com ORCIDID : <https://orcid.org/0009-0002-4580-2739>

e-posta²: onder.bettemir@inonu.edu.tr ORCIDID: <https://orcid.org/0000-0002-5692-7708> (Sorumlu Yazar)

1. Giriş

İnşaat mühendisliğinin yapım yönetimi bilim dalının önemli bir araştırma alanı sözleşme yönetimidir. Gelişen teknoloji ile ortaya çıkan blokzincir teknolojisi tabanlı akıllı sözleşme yönetimi proje ve sözleşme yönetimi sürecinde taraflar arası iletişimin güçlenmesi, belge işlem sürelerinin ve maliyetlerinin azaltılması, anlaşmazlıkların çözümü ve kalite kontrolünün sağlanmasında önemli faydalar sağlama potansiyeline sahiptir.

Blokzincir teknolojisinin tarihi, Bitcoin'in 2008 yılında Satoshi Nakamoto takma adını kullanan bir kişi veya grup tarafından yayınlanan teknik incelemesi ile başlar. Bu beyaz kitap blokzincirin temellerini ve merkezi olmayan bir defter olarak işlev gören Bitcoin'in çalışma ilkelerini açıklamaktadır. Bitcoin, blokzincir teknolojisinin ilk uygulamasıdır ve kripto para birimleriyle ilgili işlemleri güvence altına almak için blokzincir kullanır. Blokzincir, işlemlerin bağlantılı ve zaman damgalı bir dizi blok halinde saklandığı bir defterdir. Her blok bir önceki bloğun karmasını içerir, bu nedenle veriler geriye dönük olarak değiştirilemez. Söz konusu yapı, merkezi otoritelere güvenmek yerine, dağıtık ağdaki katılımcıların onayına bağlı olarak güvenlik açısından daha güvenilir ve esnek bir veri yönetimi sağlamaktadır [1]. Blokzincir, merkezi olmadığı için verilere erişimde güvenlik ve gizlilik sağlar. Ayrıca veri değişikliklerini izlemek ve veri bütünlüğünü sağlamak için dağıtılmış bir defter kullanır. Blokzincirin şifreleme, izlenebilirlik ve akıllı sözleşmeler gibi özellikleri, hassas verileri korumak ve yetkili erişimi kontrol etmek için etkili bir çözüm sağlar. Blokzincirinin dağıtık yapısı güvenlik, bütünlük, veri paylaşımı ve hassas verilerin korunmasındaki zorlukları giderme potansiyeli sunmaktadır [2].

Blokzincir teknolojisi güvenli, şeffaf ve değişmez bir kayıt sistemi sağladığı için taraflar arasındaki güveni artırır. Verimliliği ve veri güvenliğini artırarak inşaat süreçlerinde tedarik zinciri yönetimi, proje yönetimi, belge yönetimi ve ödemelerin gerçekleştirilmesi aşamalarında kullanılabilir. Tedarik zinciri yönetiminde, malzemelerin başlangıçtan son kullanıcılara kadar teslimatını izlenebilir hale getirilerek malzeme kayıplarının azaltılması, sahte ürünlerin tespit edilmesi ve tedarik zincirinde şeffaflık sağlanabilir [3].

Kripto para, dijital olarak oluşturulan ve şifrelemeyle güvence altına alınan dijital bir varlıktır. İşlemlerini kriptografik algoritmalarla şifreleyerek güvence altına alır ve merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan çalışır. Çok yaygınlaşmış kripto para birimlerinin bazıları aşağıda sunulmuştur.

- Bitcoin (BTC): İlk ve en popüler kripto para birimi olan Bitcoin, blokzincir teknolojisine dayanır ve diğer kripto para birimlerinin temelini oluşturur.
- Ethereum (ETH): Ethereum, akıllı sözleşmelerin yürütülmesini sağlayan bir platform ve kripto para birimidir. Ethereum ayrıca genellikle diğer projeler için token (ERC-20) oluşturmak için kullanılır.
- Ripple (XRP): Ripple, özellikle finansal kurumlar arasında hızlı ve düşük maliyetli para transferleri için kullanılan bir kripto para birimidir. XRP, Ripple ağının yerel para birimidir.
- Litecoin (LTC): Litecoin, Bitcoin'in bir çatalı olarak bilinir. Litecoin, daha hızlı blok onay süreleri ve farklı bir algoritma kullanarak Bitcoin'e alternatif bir dijital para birimi olarak ortaya çıkmıştır.
- Cardano (ADA): Cardano, akıllı sözleşme ve blokzincir uygulamaları geliştirmek için tasarlanmış bir platform ve kripto para birimidir. Cardano akademik araştırma önceliklidir ve güvenlik, sürdürülebilirlik ve ölçeklenebilirliğe odaklanmaktadır.

Kripto paranın faydaları; Merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan çalışarak güvenli bir yapı sunması, hızlı ve düşük maliyetli para transferlerine olanak sağlaması, küresel olarak kullanılarak sınır ötesi işlemleri kolaylaştırması, işlemlerin şeffaf bir şekilde izlenebilir ve değişmez olması, akıllı sözleşmeler aracılığıyla otomatik ve programlanabilir işlemler gerçekleştirme olanağı sunması, finansal

erişimi artırarak bankacılık hizmetlerine erişimi olmayan kişiler için alternatif bir ödeme yöntemi olması olarak sıralanabilir [4].

Blokzincirinin varlığı Bitcoin'in ortaya çıkışıyla başlamış olsa da günümüzde blokzinciri kripto para ile sınırlı değildir. Daha yaygın olarak kullanılabilen ve çeşitli sektörlerde inovasyonu teşvik eden bir teknoloji haline gelmiştir. Blokzinciri teknolojisi, merkezi otoritelerin yerini alma ve güvenilir ve şeffaf bir veri tabanı sağlama potansiyeline sahiptir. Blokzincir teknolojisinin temel amacı, merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan güvenli ve şeffaf bir veri tabanı sağlamaktır. Başta kripto para birimleri olmak üzere birçok farklı sektörde kullanılan Blokzincir işlemlerin güvenliğini, veri bütünlüğünü ve izlenebilirliğini artırırken araçları da ortadan kaldırma potansiyeline sahiptir. Blokzincir, banka veya kamu kurumu gibi üçüncü taraf bir aracıya ihtiyaç duymadan para, mülk, varlık, malzeme ve sözleşmeleri aktarabilir. Verilerin bir blokzincirine kaydedildikten sonra değiştirilmesi çok zordur. Blokzincirinin güvenilirliği, verilerin değişmezliğine ve şeffaflığına dayanır. Bir blok onaylandıktan sonra geri alınamaz hale gelir. Her düğüm ağdaki işlemlerin geçmişini doğrulayabilir ve bunlara erişebilir. Bu şeffaflığı artırır ve veri manipülasyonunu önler. Blokzincir üzerinde çalışan kriptografik algoritmalar ile veriler güvence altına alınır. Her işlem veya blok matematiksel olarak doğrulanır. Blokzincir üzerinde çalışabilen uygulamalar sayesinde işlemler belirli koşullar karşılandığında tetiklenerek blokzincir üzerinde otomatik olarak yürütülebilir.

Kripto cüzdanlar, kullanıcıların dijital varlıkları yönetmelerine, alıp göndermelerine ve saklamalarına olanak tanıyan yazılım veya donanımlardır. Blokzincir cüzdanları, kullanıcıların kripto varlıklarını güvenli bir şekilde saklamasına ve işlem yapmasına olanak tanır. Bu cüzdanlar, bir banka hesap numarasını andıran genel anahtarlar ve varlıklara erişmek için kullanılan bir PIN kodunu temsil eden özel anahtarlar içerir. Cüzdan Türleri aşağıdaki gibi sıralanabilir [5].

Web Tabanlı Cüzdanlar: Bir internet tarayıcısı üzerinden erişilebilen cüzdanlardır. Genellikle kullanıcı dostu arayüze sahiptir ve çevrimiçi olarak saklanırlar. Ancak güvenlik riskleri nedeniyle dikkatli kullanılmalı ve güvenilir platformlar tercih edilmelidir.

Mobil Cüzdanlar: Akıllı telefon uygulaması olarak kullanılabilen cüzdanlardır. Kullanımı kolaydır ve hareket halindeyken erişilebilirlik sağlarlar. Çevrimiçi veya çevrimdışı olarak mevcuttur.

Masaüstü Cüzdanları: Bilgisayarlar için yazılım uygulamaları olarak kullanılan cüzdanlardır. Kullanıcı tarafından kontrol edilen bir ortamda çalıştıkları için daha yüksek güvenlik sağlarlar.

Donanım Cüzdanları: Fiziksel cihaz şeklindeki cüzdanlardır. Özel anahtarları güvenli bir şekilde saklarlar ve çevrimdışı ortamlarda kullanılabilirler. Bu nedenle güvenlik açısından en güvenilir seçenek olarak kabul edilirler.

Blokzincir cüzdanları Cüzdan Adresi olarak tanımlanan, kullanıcının kripto para birimlerini depoladığı adresleri içerir. Her cüzdanın işlemler için kullanılan benzersiz bir adresi vardır. İşlemleri imzalamak ve doğrulamak için Özel Anahtarlar olarak tanımlanan kriptografik anahtarlar kullanılır. Kullanıcının cüzdanındaki kripto varlıklarına erişim sağlayan cüzdanın güvenliği için gereklidir. Bu anahtarlar gizli tutularak güvenli bir şekilde saklanmalıdır. İşlem: Blokzincir cüzdanları aracılığıyla kripto para alma, gönderme ve yönetme işlemleri kullanıcının özel anahtarı kullanılarak imzalanır, ağdaki düğümler tarafından doğrulanır ve blokzincirine eklenir. Varlıklar ilgili hesaplar arasında transfer edilir. Blokzincir cüzdanlarının güvenlik önlemleri aşağıdaki listede sıralanmıştır.

Özel Anahtar Güvenliği: Güvenliği son derece önemli olan özel anahtarların çalınmasını veya kaybolmasını önlemek için güvenli bir depolama yöntemi kullanılmalıdır.

Kimlik Doğrulama: Blokzinciri cüzdanlarına erişim sağlamak için Şifre, PIN veya biyometrik veriler kimlik doğrulama yöntemleri olarak kullanılabilir.

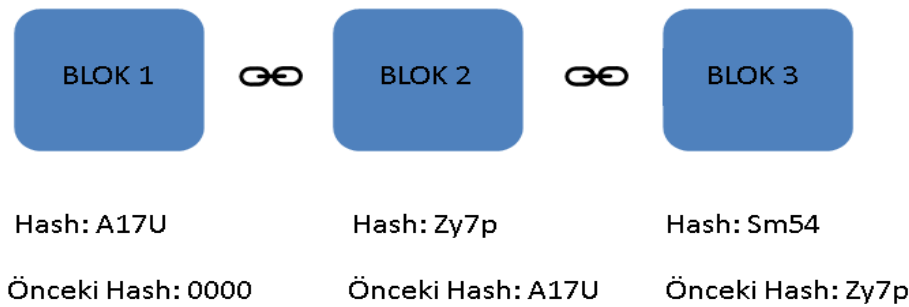
Güvenilir Cüzdan Sağlayıcıları: Güvenilir ve güvenlik önlemleri ile donatılmış cüzdan sağlayıcılarını seçmek, güvenliği iyice araştırmak ve güvenilir platformları kullanmak önemlidir.

Blokcincir cüzdanları kullanıcılara kripto para birimlerini güvenli bir şekilde saklama, yönetme ve işlem yapma olanağı sunar. Kullanıcıların özel anahtarlarını korumaları ve güvenilir cüzdan sağlayıcılarını seçmeleri önemlidir.

Blokcincir teknolojisinin çalışma prensibinde önce müşteri bir işlem talep eder. İşlem kripto para, sözleşmeler, kayıtlar veya diğer bilgileri içerebilir. İstenen işlem düğümler yardımıyla bir P2P ağına yayınlanır. Düğüm ağı, bilinen algoritmalar yardımıyla işlemi ve kullanıcının durumunu doğrular. İşlem tamamlandığında, yeni blok mevcut blokcincirine kalıcı ve değişmez bir şekilde eklenir. Blokcincirinin güvenilirliği, verilerin değişmezliğine ve şeffaflığına dayanır. Bir blok onaylandıktan sonra geri alınamaz hale gelir. Her düğüm ağdaki işlemlerin geçmişine erişip doğrularak şeffaflığı artırır ve veri manipülasyonunu önler [4].

Blokcincirini oluşturan her bir blok, blok içindeki verilerin bir özetini temsil eden ve bloğa özgü bir parmak izi olarak değerlendirilebilecek benzersiz bir hash'e sahiptir. Bir bloğun hash'i, blokta depolanan verileri temsil eden verilerin birleştirilmesi ve hash'lenmesi ile elde edilir. Her blok bir önceki bloğun hash'ini içerir ve blok hashleri bloklar arasında bir zincir oluşturmak için kullanılır. Bu şekilde bloklar birbirine zincirlenir ve her bloğun geçerliliği bir önceki bloğun hash değeri ile ilişkilendirilerek blokcincirini yüksek güvenli hale getirir.

Bir blok bir önceki bloktan gelen işlem verileri, zaman damgaları, hash değeri gibi çok sayıda veri içerir. Bloktaki tüm veriler tek bir veri parçasında birleştirilir. Bu veri parçası bloğun içeriğini temsil eder. Hash Fonksiyonu: Bir veri parçası bir hash fonksiyonuna uygulanır. Hash fonksiyonu bir veri parçasını alır ve belirli bir algoritma kullanarak sabit boyutlu bir hash oluşturur. Hash Değerinin Elde Edilmesi: Hash fonksiyonu blok hash'ini oluşturmak için veri parçasını işler. Bu hash, bloğun benzersiz kimliğini temsil eder.



Şekil 1. Blok hash uygulamasının örnek gösterimi

Şekil 1'de belirtilen adımlar, blokların birbirine zincirlendiği ve her bloğun bir önceki bloğun hash değerine göre doğrulandığı bir blokcinciri oluşturur. Şekil 1'de, blok 1'in ilk blok olduğu 3 blokluk bir zincire sahip bir blokcinciri gösterilmektedir. Bu nedenle, kendinden önce gelen bir blok yoktur ve önceki bloğun hash değerini içeremez. Blok 2, blok 1'in hash'ini içerirken blok 3, blok 2'nin hash değerini içerir. Bir bloğun verileri değiştirilirse, bloğun hash değeri değişir ve bu durum komşu bloğun önceki hash değeri kontrol edilerek tespit edilebilir. Bu, blokcincirinde yapılan herhangi bir değişikliği izlenebilir ve doğrulanabilir hale getirir. Blok karmaları blokların bütünlüğünü ve güvenilirliğini sağlar.

İnşaat projelerinde birçok paydaş arasında imzalanan ve yürütülen sözleşmeler karmaşık olabilir ve çatışmalara yol açabilir. Blokcincir teknolojisi akıllı sözleşmeler yoluyla sözleşme yönetimini de kolaylaştırabilir. Blokcincir teknolojisi üzerinde çalışan ve otomatik olarak yürütülen dijital sözleşmeler akıllı sözleşmeler olarak tanımlanır. Geleneksel sözleşmelerden farklı olarak bir anlaşmanın şartlarını kodlar ve programlar aracılığıyla belirler ve yerine getirirler. Akıllı sözleşmeler, programlanabilir ve otomatik olarak uygulanan sözleşme kuralları sağlayarak güven oluşturur ve taraflar arasındaki çatışmaları azaltmaya yardımcı olur.

Akıllı sözleşmeler finans, tedarik zinciri yönetimi, emlak, sigorta gibi birçok alanda ve çeşitli uygulamalarda kullanılabilir. Koşulların otomatik olarak yerine getirilmesi, işlemleri hızlı ve güvenilir hale getirerek araçların ve maliyetlerin azaltılmasına yardımcı olur. Bununla birlikte, akıllı sözleşmeler kodlama hataları ve çakışma sorunlarından dolayı ortaya çıkabilecek bazı zorluklara sahip olabilir. Bu nedenle dikkatli bir şekilde tasarlanmalı ve kontrol edilmelidirler. Akıllı sözleşmelerin blokzinciri entegrasyonu ile uygulanmasının avantajlarından bazıları aşağıda listelenmiştir.

Sözleşme Koşullarının Tanımlanması: Akıllı sözleşme uygulamalarında kodlama yoluyla anlaşmanın şartları ve kuralları tanımlanır. İki veya daha fazla taraf arasında bir anlaşma yapıldığında, sözleşme şartları bir akıllı sözleşme programına çevrilir. Şartlar, komut dosyası dilleri veya özel akıllı sözleşme platformları kullanılarak belirlenir. Bu nedenle anlaşma sırasında yapılan işlemlerle ilgili tüm koşulların sözleşmede tanımlanmış olması ve ihtilaf oluşturabilecek hiçbir açık koşulun bulunmaması gereklidir.

Blokzincir üzerinde çalışan akıllı sözleşmeler, inşaat projelerinde sözleşme yönetimini kolaylaştırır. Programlanabilir ve otomatik olarak uygulanan sözleşme kuralları sayesinde taraflar arasında güven sağlanır. Akıllı sözleşmeler, ödeme planları, proje tamamlama ve performans dayalı ödemeler gibi konularda otomatik işlem yapabilir [2-3, 6-9].

Dağıtık Yapı: Blokzincir, merkezi bir otoriteye veya aracıya ihtiyaç duymadan işlem yapabilen bir sistemdir. Bu güvenilirlik ve güvenlik sağlarken, katılımcılar arasında doğrudan etkileşimi mümkün kılarak maliyetleri azaltabilir ve işlemleri hızlandırabilir [1, 4, 10]. Akıllı sözleşmeler blokzincirin dağıtık yapısını kullanarak çalışır. Blokzincir ağındaki düğümler tarafından yürütülür ve her düğüm tarafından doğrulanır. Bu, sözleşmenin herhangi bir merkezi otoriteye veya üçüncü bir tarafın güvenilirliğine ihtiyaç duymadan yürütülmesini sağlar.

Otomatik Yürütme: Akıllı sözleşmeler belirli koşullar sağlandığında otomatik olarak yürütülür. Belirli bir tarihe gelindiğinde ya da önceden tanımlanmış belirli bir olay gerçekleştiğinde sözleşmede belirtilen eylemler gerçekleştirilir. Bu, insan müdahalesine gerek kalmadan sözleşme şartlarının yerine getirilmesini sağlar.

Sorunların Hızlı Çözümü: İnşaat projelerinde sıkça karşılaşılan anlaşmazlıklar, tartışmalar ve hataların giderilmesi zaman alabilir. Blokzincir teknolojisi, yapılan değişikliklerin geriye dönük olarak izlenebilmesi ve doğrulanabilmesi sayesinde sorunların hızlı bir şekilde çözülmesine yardımcı olabilir. Bu da projelerin zamanında tamamlanma olasılığını ve müşteri memnuniyetini artırır [1,8,11].

Artan Şeffaflık: Blokzinciri, tüm sözleşmeye dayalı işlemlerin izlenebilirliğini sağlayan değişmez ve şeffaf bir defter görevi görür. Gerekli verilere erişebilen ve projenin ilerlemesi hakkında bilgilenen projenin tüm paydaşları arasında güven oluşur ve inşaat projelerinde şeffaflığı artırır [8,12-15].

Maliyet ve Verimlilik: Geleneksel sistemlerde araçlar güvenilirlik için ek maliyetlere ve zamana neden olur. Blokzincir araçları ortadan kaldırarak doğrudan paydaşlar arası işlemlere olanak sağlayarak işlem maliyetlerini düşürür. Blokzincir teknolojisi inşaat süreçlerinde verimliliği artırabilir ve maliyetleri düşürebilir. Örneğin tedarik zinciri yönetiminde malzeme kayıplarının azaltılması kaynakların daha verimli kullanılmasını sağlar. Ayrıca, otomatikleştirilmiş süreçler, veri paylaşımında kolaylık ve doğruluk sağlayarak zaman ve kaynak tasarrufuna katkıda bulunur. Otomatik tetikleyicilere dayalı akıllı sözleşmeler, manuel iş süreçlerini azaltır ve belirli koşulların yerine getirilmesiyle ilgili işlemleri otomatikleştirerek işgücü, zaman ve kaynak maliyetlerinden tasarruf sağlar [3-4,11-18].

Veri Güvenliği: Blokzinciri teknolojisi güvenlik önlemleriyle desteklenerek verilerin merkezi olmayan bir yapıya kavuşturulmasını ve güvenli bir şekilde saklanmasını sağlar. Veriler kriptografik algoritmalar kullanılarak şifrelenir ve bloklara eklenerek verilerin güvende tutulmasını sağlar. Ayrıca blokzinciri ağları, dağıtık yapısı nedeniyle tek bir noktanın saldırıya uğraması veya veri kaybı riskini azaltır [9-10, 17, 19-21].

Veri Bütünlüğü: Blokzincirindeki her işlem, bloklar arasındaki bağlantı sayesinde geriye dönük olarak doğrulanabilir. Veriler bir kez kaydedildikten sonra değiştirilemez ve silinemez hale getirilerek

veri bütünlüğü sağlanır ve veri manipülasyonu önlenir. Blokzinciri, veri değişikliklerinin izlenebilmesini ve kayıtların geriye doğru takip edilebilmesini sağlar. Her blok, bir önceki bloğun verilerinin kriptografik bir bağlantısına sahiptir. Bu nedenle yapılan tüm değişikliklerin, kim, ne zaman ve nereden yapıldığı bilgilerine kolayca erişilir ve verilerin değişmezliği sağlanır. Blokzinciri teknolojisi, inşaat projelerindeki verilerin güvenilirliğini artırıp verilerin değiştirilemez bir şekilde kaydedilmesini ve izlenmesini sağlayarak veri bütünlüğünü korumaktadır [2, 4, 6-7, 9-10, 17, 19-20].

Tedarik Zinciri Yönetimi: Blokzincir inşaat sektöründe tedarik zinciri yönetimini iyileştirebilir. Malzeme tedarik sürecinde, tedarikçiler ve lojistik şirketleri verileri gerçek zamanlı olarak paylaşabilir ve malzeme tedarikini daha verimli bir şekilde yönetmeyi mümkün kılarak maliyetleri azaltabilir ve projelerin zamanında tamamlanmasına yardımcı olabilir [22].

İş birliği ve Paydaş Yönetimi: İnşaat projeleri genellikle farklı paydaşların iş birliği yapması gereken karmaşık süreçlerdir. Blokzincir, paydaşlar arasında veri paylaşımını ve gerçek zamanlı iş birliğini kolaylaştırarak iletişimi hızlandırır ve projenin ilerleyişinin takibini ve sorunları çözmeyi kolaylaştırır. Proje belgeleri, revizyonlar ve değişiklikler gibi bilgiler paydaşlar arasında anında güncellenir ve yetkili tüm katılımcılar tarafından erişilebilir. Bu da projelerin daha etkin bir şekilde yönetilmesini sağlar ve iletişim hatalarını azaltır. Blokzincir, proje paydaşları arasında veri paylaşımını kolaylaştırır. Merkezi olmayan bir veri tabanı olduğu için projeye dâhil olan tüm taraflar verilere güvenli bir şekilde erişip güncel bilgilere anında ulaşabileceği için iletişimi geliştirir, bilgi akışını hızlandırır ve projenin verimliliğini artırır [3, 8, 14-17].

Akıllı sözleşme ve ürün teslimatı arasındaki ilişki Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Örnek bir akıllı sözleşme uygulamasının işlem adımlarının gösterimi

Blokzincir tüm paydaşların gerçek zamanlı olarak ürünlerin menşei, hareketleri ve durumu hakkında bilgi sahibi olmasını sağlayarak tedarik zincirlerinde şeffaflığı önemli ölçüde artırır [23]. Bu sayede sahtecilik, dolandırıcılık ve hataların önlenmesi kolaylaşır. Manuel veri girişlerini ortadan kaldırıp işlemleri otomatikleştirerek blokzincir teknolojisi tedarik zincirlerinde verimliliği artırıp

zamandan ve paradan tasarruf sağlar. Verileri şifrelenmiş bir şekilde dağıttık bir depoda tutarak, siber saldırılara ve veri kayıplarına karşı güvenliği önemli ölçüde artırır. Erişimi yalnızca yetkili kullanıcılara sınırlandırarak yetkisiz erişimi engeller. Blokzincir teknolojisi, tedarik zincirindeki tüm aktörler arasında güven ve iş birliğini teşvik eder. Bu sayede daha sağlam, güvenilir ve sürdürülebilir tedarik zincirleri oluşturulabilir. Blokzincir, işlemleri otomatikleştirerek ve şeffaflığı artırarak tedarik zincirlerindeki maliyetleri düşürerek karlılığı ve rekabet gücünü artırabilir.

Blokzincir, yapay zekâ (YZ) ve nesnelerin interneti (IoT) teknolojilerine entegre edilerek inşaat projelerinde daha fazla otomatikleştirilmiş, veri odaklı ve akıllı karar mekanizmaları oluşturulabilir. Blokzincirin inşaat sektöründe daha yaygın bir şekilde kullanılabilmesi için standartların oluşturulması ve düzenlemelerin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede güvenilirlik, güvenlik ve uyumluluk ile ilgili veri standartları oluşturulup söz konusu standartlar sağlanarak sektördeki tüm aktörlerin faydalanması mümkün olacaktır.

Blokzincirin getirdiği yeni teknolojiler, inşaat sektöründe çalışanların yetkinliklerinin geliştirilmesi ve yeni beceriler kazanmaları ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle eğitim programlarının güncellenmesi ve yeni yeteneklerin kazandırılması önemlidir. Blokzinciri teknolojisinin inşaat mühendisliği ve yapım yönetimi sektöründe sunmuş olduğu potansiyel, şeffaflık, güvenilirlik ve izlenebilirlik gibi temel faydaları sayesinde gelecekte sektörün daha verimli, hesap verebilir ve sürdürülebilir bir şekilde çalışmasına olanak sağlayacaktır. Blokzincir teknolojisi, şeffaflık sağlayarak, malzemelerin kaynağını ve sürdürülebilirlik özelliklerini izlemeyi kolaylaştırabilir.

Blokzincir teknolojisi ve robotik gerçeklik yakalama teknolojisinin inşaat sektöründe ödeme süreçlerini otomatikleştirmek için kullanılabilir [24]. Geleneksel ödeme yöntemlerine kıyasla daha hızlı, daha ucuz ve daha az hata eğilimli olduğu için inşaat sektöründe ödeme süreçlerini önemli ölçüde iyileştirme potansiyeli vardır. Blokzincir teknolojisi veri yönetimi ve paylaşımı için yeni bir paradigma sağlayabilir [25]. Verilerin güvenliğini, şeffaflığını ve erişilebilirliğini önemli ölçüde artırma, sağlık hizmetleri, finans ve kamu gibi çeşitli sektörlerde veri yönetimi uygulamalarında verimlilik artırma potansiyeli vardır.

Hesap verebilirliği artırarak, sürdürülebilirlik taahhütlerinin yerine getirilmesini sağlayabileceği için blokzincir teknolojisinin inşaat sektöründe sürdürülebilirliği geliştirmek için önemli bir araç olabilecektir [26]. Blokzincir teknolojisi, tedarik zincirindeki tüm paydaşların ürünlerin ve malzemelerin menşei, hareketi ve durumu hakkında gerçek zamanlı bilgilere erişmesini sağlayarak şeffaflığı artırabilir. Bu sayede sahtecilik, dolandırıcılık ve hataların önlenmesi kolaylaşır. Otomasyonla veri girişini ortadan kaldırarak zamandan ve paradan tasarruf sağlarken, hata payını da düşürür. Verileri dağıtılmış veri tabanında saklayarak ve erişimi yetkililere sınırlandırarak güvenliği artırıp tedarik zincirinde şeffaflığı sağlar. Tüm paydaşlar arasında güveni ve iş birliğini teşvik ederek daha sağlam ve sürdürülebilir tedarik zincirleri oluşturur. Otomasyon ve şeffaflıkla maliyetleri düşürerek karlılığı ve rekabet gücünü de artırır [27].

Tedarik zinciri yönetimi, proje yönetimi ve yapı bilgi modelleme (YBM) alanlarında blokzincir teknolojisinin yaygın olarak kullanılmaktadır [28]. Bulut bilişimde veri bütünlüğünü korumak ve doğrulamak için blokzincir teknolojisini kullanan Merkle ağacı tabanlı bir akıllı sözleşme algoritması önermiştir [29]. Algoritma bulut sunucularındaki veri bütünlüğünü korumak için geleneksel yöntemlere göre daha güvenli ve sağlam dağıtılmış bir yaklaşım sunar. Deneysel olarak geleneksel yöntemlere kıyasla önemli ölçüde daha iyi performans göstermiştir. Blokzincir teknolojisi sahtecilik, dolandırıcılık ve hataları önleyip, veri paylaşımını ve iş birliğini kolaylaştırdığı ve tedarik zinciri yönetimine destek olmaktadır [30]. Ayrıca şeffaflık, hesap verebilirlik ve izlenebilirlik sağlayarak sözleşme yönetimi, ödemeler ve risk yönetimi gibi alanlarda önemli faydalar sağlamaktadır [31].

İnşaat projelerinde kalite kontrolünü otomatikleştirmek ve geliştirmek için blokzincir ve yapay zekâ teknolojilerini birleştiren bir yöntem önererek üretim süreçlerinde şeffaflık, hesap verebilirlik, verimlilik ve güvenlik sağlayabileceğini ve üretim sektöründe daha geniş bir şekilde benimsenebileceğini göstermiştir [32]. Blokzincir teknolojisinin üretimde kalite kontrolünü otomatikleştirme ve geliştirme potansiyelini inceleyerek, bu alanda inovatif bir yöntemi ortaya

koymuşlardır. Hash fonksiyonları gibi güvenlik protokollerinin, veri bütünlüğünü ve güvenliğini sağlayarak, blokzincir teknolojisinin üretim süreçlerinde şeffaflık, hesap verebilirlik, verimlilik ve güvenlik sağlayabileceğini göstermiştir.

Blokzincir teknolojisinin inşaat sektöründeki mevcut durumu, karşılaşılan zorlukları ve gelecekteki potansiyel uygulamalarını incelenmiş ve tedarik zinciri yönetimini optimize etme, sözleşme yönetimini basitleştirme ve akıllı sözleşmeler gibi alanlarda inşaat sektörüne önemli faydalar sağlayabileceğini ortaya konmuştur [33]. Bu teknolojiye tam fayda sağlanabilmesi için teknik altyapı eksikliği, yasal ve düzenleyici belirsizlikler gibi bazı engellerin ve zorlukların da aşılması gerekmektedir. Blokzincir teknolojisi sözleşme yönetimi, ödemeler ve risk yönetimi gibi alanlarda şeffaflık, hesap verebilirlik ve izlenebilirliği sağlayarak altyapı geliştirme projelerinde verimliliği ve sürdürülebilirliği arttırabilecektir [31]. Blokzinciri teknolojisinin sözleşme yönetimi, ödeme işlemleri, malzeme tedarik zinciri yönetimi, değişiklik yönetimi ve kalite kontrolü gibi alanlarda faydalı olabilecektir [34].

Blokzincir teknolojisi tedarik zinciri yönetiminde şeffaflık ve hesap verebilirlik sağlama, sahteciliği önleme, sözleşme yönetiminde akıllı sözleşmelerle maliyet ve zaman tasarrufu sunma, proje yönetiminde ilerlemeyi izleme ve ödemeleri otomatikleştirme, veri yönetiminde güvenli depolama ve paylaşım, sürdürülebilirlikte ise enerji tasarrufu ve atık yönetimini optimize etme imkanı sunmaktadır [8].

Blokzincir; kalite bilgilerinin merkeziyetsizleştirilmesi, veri bütünlüğünün sağlanması ve izlenebilirlik gibi avantajlar sunmaktadır. İnşaat yaşam döngüsü boyunca verilerin güvenli ve şeffaf bir şekilde kaydedilmesini sağlayarak, veri manipülasyonu ve kaybı sorunlarını çözebilmektedir [35].

Sunulan literatür taraması blokzincir ve akıllı sözleşme uygulamalarının inşaat sektörüne önemli faydalar sağladığını göstermektedir. Fakat inşaat sektörünün blokzincir ve akıllı sözleşme tekniklerinin gerçek anlamda potansiyel faydalarından yararlanamadığı da görülmektedir. Belirtilen potansiyel faydalarından yararlanabilmek ve inşaat sektörüne blokzincir ve akıllı sözleşmelerin uygulama alanlarını derinlemesine inceleyebilmek için bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Malzeme tedariki inşaat projelerinde sorunların ortaya çıkabileceği kritik bir süreç olduğu için bu çalışmada blokzincir tabanlı akıllı sözleşme uygulaması ile boya iş kalemine ait malzeme siparişi ve tesliminin gerçekleştirilmesine yönelik bir çerçeve sistem tanımlanması amaçlanmıştır. Akıllı sözleşmelerin kullanımıyla malzeme teslim süreçlerini iyileştirerek gecikmelerin, hatalı teslimatların ve sözleşme şartlarına uymayan ürünlerin teslim edilmesinin önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Blokzincir tabanlı akıllı sözleşme algoritması ile sözleşme koşulları tanımlanacak ve teslim edilen malzemelerin bu koşullara uygunluğu denetlenecektir. Sözleşme koşullarına uygun malzemeler kabul edilecek ve ödemeler yapılacaktır. Malzeme talepleri, siparişler, sevkiyatlar ve teslimatlar otomatik olarak izlenecek ve eksiklikler tespit edilecektir. Bu sistem taraflar arasındaki anlaşmazlıkları azaltmayı ve ödemelerin doğru ve zamanında yapılmasının sağlanması da amaçlanmaktadır. Bu sistemle birlikte inşaat sektörünün de blokzincir uygulamalarına bir katkı sağlanması amaçlanmaktadır. Algoritmanın detayları yöntem bölümünde önerilmiş, ardından boya kabul algoritmasının potansiyel faydaları üçüncü bölümde tartışılmıştır. Sonuç bölümünde ise çalışma sonlandırılmıştır.

2. Yöntem

Bu çalışmada, inşaat sürecinin yönetilmesinde işveren, yüklenici, altyükleniciler ve tedarikçilerin eşit şekilde haklarının korunduğu bir akıllı sözleşme algoritmasının geliştirilmesi hedeflenmiştir. İnşaatın tüm iş kalemleri ile ele alınmasının kapsamı çok geniş olacağı için bu çalışma boya işleri ile sınır tutulmuştur. İnşaat projesinde yer alan tarafların boya işi ile ilgili sorumlulukları belirlenerek akıllı sözleşme algoritması oluşturulmuştur. Önerilen algoritmanın akış şeması Şekil 3'te sunulmuştur.

2.1. Sorumlulukların Tanımı

İşveren, kullanılacak boyanın kimyasal özelliklerini, kalite standartlarını ve renk kodlarını detaylı bir şekilde tolerans aralığı belirterek tanımlar. İşveren ayrıca finansal kaynakları sağlayarak yürütülen işlerle ilgili ön ödemeleri ve işin tamamlanmasını müteakip yapılması gereken ödemeleri zamanında ve miktarında gerçekleştirmekle sorumludur. İşveren ödemelerin zamanında gerçekleştirilebilmesi için sözleşmede belirtilen banka hesabında gereken tutarı bulundurup ödemeyi yapmakla sorumludur. Akıllı sözleşme ödeme koşulları gerçekleştirildiğinde belirlenen ödeme planına göre tedarikçiye ödemeleri yapar ve işverene ödeme durumunu bildirir. Boya teslimatı sırasında, işverenin tanımladığı koşullara göre kalite kontrolünü yapar. İş programı ve metraja göre teslim edilen boyaların miktar ve zamanının uygun olup olmadığını kontrol eder.

Yüklenici, boya işlerinin işverenin belirlediği teknik detaylara ve kalite standartlarına uygun yürütülmesinden sorumludur. Boyanın tedarik sürecinin sağlıklı yürütülmesinden tedarikçilerle birlikte ortak sorumludur. Ayrıca gerekli işçi ve ekipmanların temininden ve iş güvenliği önlemlerinin alınmasından sorumludur. İnşaat sırasında teslimatı gerçekleşen boyaların uygun depolama koşullarında muhafaza edilerek fiziksel ve kimyasal özelliklerinin korunmasını sağlar. Buna ek olarak yüklenici boya kullanımını ve kalan miktarı düzenli olarak raporlayarak blokzincire bilgi akışını sağlar.

Tedarikçi, sözleşme koşullarını sağlayan kalite ve nitelikteki malzemeyi zamanında istenilen yere teslim etme sorumluluğuna sahiptir. Ayrıca istenilen miktardaki malzemeyi stoklarında bulundurmak veya tedarik edebilecek duruma getirmek için gerekli hazırlıkları yapma yükümlülüğünü taşımaktadır. Hatalı renk veya nitelikteki boya teslimatı sonucu oluşabilecek iş gecikmelerinden sorumlu olacaktır.

Blokzincir tabanlı akıllı sözleşme tedarik sürecinde, akıllı sözleşme, yükleniciye otomatik bildirimler göndererek teslimat tarihlerine ve ödeme aşamalarına dair güncel bilgileri iletir. Akıllı sözleşme algoritması ile süre, miktar ve kalite koşullarına uygunluğun onaylanması ile boyalar teslim alınır ve teslimat onaylandığında, tedarikçiye otomatik ödeme yapar ve teslimatın tamamlandığını taraflara bildirir. Gerçekleştirilen iş miktarını kaydederek iş programının uygun yürütüldüğünü de denetler. Akıllı sözleşme, tüm bu süreçlerin şeffaf, verimli ve otomatik bir şekilde yönetilmesini sağlayarak işveren ve yüklenicinin haklarını korur ve projedeki iş birliğini güçlendirir. Önerilen algoritmanın akış şeması Şekil 3'te sunulmuştur.

2.2. Sözleşme Şartlarının Belirlenmesi

Önerilen algoritma yerel standartların yerine getirilmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Bu nedenle boya malzemesi için TSE 14.0.30.4.34.00/TSE 64550, 000917-TSE-28/01, TS 5808/14.06.2012, TS5808/T1/18.06.2014 standartlarının sağlanması gerekmektedir. Sözleşme için ödeme planı oluşturulur ve siparişin kabulü için ödenecek peşinat tutarı, malzeme teslim edildiğinde ödenecek oran, iş tamamlandığında ödenecek tutar ve teminat kesintileri sisteme tanımlanır. Bu çalışmada tüm bedelin %10'u ürün teslim için rezerve edildiğinde, %80'i teslimat gerçekleştiğinde, kalan %10'unun ise teslimattan 30 takvim günü sonra yüklenicinin kalite olurluğunu vermesinin ardından ödenmektedir. Ürün teslimatının gecikmesi; hatalı, kusurlu veya eksik ürün teslimi; belirlenen süre içerisinde teslimatın yapılmaması gibi durumlarda ödenecek cezai bedeller belirlenmiştir. Ürünün teslim edileceği adres sözleşmede belirtilir.

Sözleşme İhlalinin Belirlenmesi: Sözleşmede belirtilen durumlar dışında bir eksiklik ya da sorun olması halinde ihlalin hangi derecede olduğu karar verilir.

Yüksek Öncelikli İhlal: Şartnamede belirtilen kanun maddeleri, deprem yönetmelikleri, imar kanununda ve borçlar kanununda yer alan maddelerde tanımlanan hükümlerin sağlanmaması veya kısmen sağlanması, kullanılan malzemelerin sağlığa zarar verici kimyasallar içerip insan sağlığını tehdit edecek durumda olması yüksek öncelikli ihlal olarak tanımlanmakta ve tedarikçi ile yapılan sözleşmenin fesih edilmesini gerektirir.

Orta Öncelikli İhlal: Yüksek öncelikli ihlalde tanımlanan binanın ruhsat almasına engel olabilecek kritik hususların dışında kalan fakat ödün verilemez durumdaki koşulları içermektedir. Belirtilen ihlal gerçekleştiğinde ek süre verilmeden teslim edilen malın iadesi sağlanır. Tedarikçi ile yapılan sözleşmenin iptali gerçekleşmez. Bu sayede yeni tedarikçi bulmak için zaman harcanmaz ve mevcut tedarikçi gereken uyarıyı almış olur.

Düşük Öncelikli İhlal: Yüksek ve orta öncelikli ihlal gibi kritik ve ödün verilemez noktada olmayıp sadece ödün verilebilir düzeyde renk tonu ihlali gibi işverenin oluru sonrası sadece nefaset kesintisi ile cezalandırılabilir ihlallerdir.

Nefaset Kesintisi: Bir işin sözleşmede öngörülen standartlara uygun bir şekilde yapılmaması halinde işi yaptırmanın işi yapana eksik ödeme yapmasına imkân veren ve cezai şartta benzeyen bir uygulamadır.

Sipariş Listesi Oluşturma: Siparişler bir iş programı ile ilişkilendirilir, depolama sıkıntısı ve ürün dejenerasyonu riski nedeniyle tüm siparişler aynı anda teslim edilmez. İş programına göre gerekli malzeme listesi ve teslimat tarihleri oluşturulur ve sipariş verme işlemi akıllı sözleşme ile gerçekleştirilir.

Boya Rengi Seçimi: Sipariş listesinde yer alan boya malzemeleri renk sensörü tarafından gerçekleştirilen ölçüm sonuçları sözleşmede belirtilen renk skalası ile karşılaştırılır ve uygunluğu tayin edilir. Talep edilen boya stokta yok ise sözleşmede tanımlanan renk aralığındaki renkte boyanın teslimatına izin verilir.

Renk Sensörü ile blokzincir tabanlı akıllı sözleşme algoritması kullanarak boya teslimi yapılır. Mikrodenetleyiciye bağlanan renk sensörü ile akıllı sözleşmede belirtilen rengin seçimi ve kontrolü yapılır. Teslimatı yapılacak malzemenin istenilen renk skalasında olduğunda proje paydaşlarına olumlu kabul bildirimini yapılır. Yapı malzemelerinin teslimatındaki renk kontrolü renk sensörleri kullanılarak yapılır.

Renk sensörleri, kırmızı, yeşil ve mavi renk kanallarını ölçerek renk bilgisini sağlar. İlk olarak mikrodenetleyici kartı (Arduino Leonardo) ve bir renk sensörü (TCS3200) kullanılmıştır. Mikrodenetleyici kütüphane yöneticisinden, renk sensörü kullanımını kolaylaştırmak için gerekli kütüphane eklenir. Mikrodenetleyici IDE arayüzünde yeni bir proje oluşturulur ve renk sensörü ile iletişim kurmak için bir mikrodenetleyiciye renk sensörünü tanıtan ve komutların hangi port üzerinden gireceğini tanımlayan kodu yazılır.

Boya Markası Seçimi: Sipariş listesindeki malzemeler hem kalite, hem de istenilen renk tonu olarak ayarlanır ve marka seçimi yapılır. İstenilen marka bulunamazsa marka öncelik sırasına göre bir sonraki marka aynı teslimat koşulları uygulanarak teslimat uygunluğu test edilir.

Boya Miktarının Belirlenmesi: Boya miktarının belirlenmesinde iş programı ve metraj değerleri kullanılarak gerekli malzeme miktarı ve teslim zamanı insan müdahalesi olmadan hesaplanır. Sözleşmede ve inşaat programında belirtilen ilgili tarih için teslim edilecek marka ve renk aralığındaki boya miktarı ağırlık sensörü ile kontrol edilip belirlenir. Teslimat miktarı, inşaatın metraj teklifi ve inşaat programı ile sağlanır.

Ağırlık sensörü akıllı sözleşmede ve iş programında tanımlanan yapı malzemesinin kütlesini ölçerek siparişe uyumlu olup olmadığını teyit etmektedir. Ağırlık sensörleri, genellikle bir yük hücresi veya strain gauge sensörü kullanılarak tasarlanır. Bu sensörler, üzerine nesne konulduğunda veya bağlandığında meydana gelen deformasyonu ölçer ve bu deformasyonun büyüklüğüne bağlı olarak ağırlığı belirler. Mikrodenetleyici ile ağırlık sensörünü kullanmak için, bir Mikrodenetleyici kartı, ağırlık sensörü (yük hücresi veya strain gauge sensörü) ve HX711 ADC (Analog-to-Digital Converter) kartı, kullanılır. Mikrodenetleyici IDE üzerinden HX711 kütüphanesi eklenir ve bu kütüphane aracılığıyla sensörden gelen analog veri dijital forma çevrilerek ağırlık değerleri belirlenir.

İş Programı ve Metraj Karşılaştırılması: Boya miktarının belirlenmesi için hali hazırda olan iş programına bakarak gereken metrajın çıkarılıp hangi gün ne kadar boya gerekeceğini bilerek gerekli stok takibinin yapılması sağlanır.

Boya Stok Sorgulama: Hazırlanan sipariş listesi tedarikçinin stok durumu ile karşılaştırılır ve sözleşmeye girilir. Stokta yeterli malzeme varsa sepete eklenir, yoksa bildirim oluşturularak müşteri ve tedarikçi bilgilendirilir.

Sipariş Hazırlama: Stok durumunun yeterli olduğu tespit edildikten sonra sipariş hazırlama süreci devreye girer. Talep edilen siparişler en kısa sürede hazırlanarak teslimata hazır hale getirilir.

Sözleşme Onayı: Tedarikçi tarafından tedarik edilen malzemeler sözleşmedeki tüm koşulları yerine getiriyorsa hem müşteri hem de satıcı onay verir ve ürünler stoklanır.

Ödeme Süreci: Ürünler satıcının deposundan transfer edildiğinde ve teslim edilen miktar satıcının stoklarından düştüğünde, sözleşmede belirtilen ödeme tutarı müşterinin hesabından tedarikçinin hesabına aktarılır.

Teslimat Süreci: Siparişin sözleşmede belirtilen teslim süresi içerisinde müşteriye teslim edilmesi gerekmektedir. Nakliye sırasında ürünlerin bozulması veya hasar görmesi durumunda ürünlerin teslimatı gerçekleştirilmeyecek ve stok çıkışında ödenen tutar müşteriye iade edilecektir. Teslimatta gecikilen her gün için sözleşmede belirtilen tutar kadar kesinti yapılacaktır. Ürünün sorunsuz teslim edilmesi halinde sözleşme yöneticisi tarafından teslim onayı oluşturulur. Ürünün tesliminde belirtilen güzergâh takip edilerek ürün getirilmelidir.

Ürün Teslimatı: Ürünün kalite kontrolü şantiye şefinin yetkilendirdiği saha mühendisli tarafından yapılır ve onaylanması halinde ürün teslim edilmiş sayılır. Malzeme kabulünün doğru şekilde yapılabilmesi için sözleşmede tanımlanan koşullara bağlı kalınır.

Ödeme Süreci 2: Siparişin doğru zamanda ve talep edilen liste ile teslim edilmesi halinde sözleşmede belirtilen tutar, herhangi bir ceza ve kesinti olmaması durumunda müşterinin hesabından tedarikçinin hesabına aktarılır.

Satıcı Değerlendirmesi: Sipariş teslimatı ve ödeme sürecinden sonra müşteri, satıcıyı teslimat hızı, teslimat doğruluğu, ürünlerin güvenli teslimatı ve müşteri ilişkileri konularında derecelendirir.

3. Tartışma ve Sonuç

Boya malzemesi teslimatı sürecinin yönetilmesi için önerilen akıllı sözleşme algoritması boya işlerinin yönetimini, süreçlerin iyileştirilmesini ve tanımlanan koşulların yerine getirildiğinde ödemelerin otomatik olarak gerçekleştirilmesini sağlayacaktır. Akıllı sözleşme algoritması sayesinde tüm işlemler blokzincir teknolojisiyle şeffaf bir şekilde yürütülüp kaydedileceğinden, denetim süreci kolaylaşacak bu sayede hatalar, eksiklikler ve usulsüzlükler daha hızlı tespit edilebilecektir. Bununla birlikte süreç boyunca tanımlanacak ve paylaşılacak verilerin güvenliği, bütünlüğü ve gizliliğinin sağlanması için bir blokzincir platformunun oluşturulması gerekmektedir.

Önerilen blokzincir tabanlı akıllı sözleşme algoritması boya siparişinin tedarik zinciri sürecinin yönetilmesinde birçok fayda sağlama potansiyeline sahiptir. İlk olarak akıllı sözleşme belirli koşulların yerine getirilmesi durumunda otomatik olarak ödeme yapacak şekilde programlanabilir. Böylece boya siparişi teslim edildiğinde ve alıcı tarafından onaylandığında, akıllı sözleşme ödemeyi otomatik olarak gerçekleştirecek ve ödeme gecikmeleri ve anlaşmazlıklar ortadan kalkmış olacaktır. Siparişin doğru miktarda ve zamanında verilmesi ve teslim edilmesi süreci blokzincir üzerinde şeffaf bir şekilde izlenebilecektir. Blokzincir üzerindeki veriler, siparişin ne zaman verildiğini ne kadar boya sipariş edildiğini ve teslimatın ne zaman gerçekleştiğini kaydedecek, bu sayede tüm taraflar sipariş süreçlerini anlık şeffaf şekilde takip edebilecektir.

İnşaatın başında oluşturulmuş olan iş programına tedarikçi ve yüklenicilerin koordine bir şekilde uymasını sağlayacaktır. İş programında belirtilen tarihlerde ve belirtilen miktardaki malzeme teslimatının yapılması akıllı sözleşme üzerinden takip edilebilir. İnşaat süresince akış şeması Şekil 3'te sunulan işlemlerin zamanında tamamlanması şart koşulabilir ve bu şartlar yerine getirilmediğinde sözleşmede tanımlanan cezalar uygulanabilir. Belirtilen yaptırımlar tarafların iş programına uymasını teşvik ederek mevcut koordinasyonu artıracaktır.

Önerilen akıllı sözleşme algoritması kapsamında taraflar arası haksız taleplerin ve iddiaların önlenmesi sağlanabilecektir. Akıllı sözleşmeler, tüm işlemleri ve anlaşmaları şeffaf bir şekilde blokzincir üzerinde kaydedip herhangi bir anlaşmazlık durumunda referans alınabilecek güvenilir ve değiştirilemez bir veri kaynağı sağlar. Belirtilen özellik, haksız taleplerin önlenmesine ve anlaşmazlıkların hızlı ve adil bir şekilde çözülmesine yardımcı olabilecektir. Bu sayede gecikmiş teslimat, eksik gelen teslimat veya hatalı renk veya miktarda gelen teslimat tespit edilebilecek ve önlenilecektir. Genel olarak, blokzincir tabanlı akıllı sözleşmeler, ödeme, sipariş verme ve teslimat süreçlerini otomatik hale getirerek insan hatası ve gecikmeleri önler, verilerin güvenliğini ve değiştirilemezliğini sağlar, operasyonel verimliliği artırır ve maliyetleri düşürür, böylece tedarik zincirindeki tüm taraflar için daha etkin ve güvenilir bir yönetim sunar. Ayrıca işverenin gerçekleştirmesi gereken ödemenin miktarı ve zamanı akıllı sözleşme algoritması tarafından belirlenerek ödemenin gerçekleştirilmesi sağlanabilecek aksi halde ilgili tarafın karşılaşılabileceği sözleşmede tanımlanan cezai müeyyideler yürürlüğe konacaktır.

İleri bir çalışma olarak malzemelerin uygun koşullarda saklanması ve uygunsuz kullanımının önlenmesi için IoT cihazları ile entegre edilebilir. Bu cihazlar, sıcaklık, nem gibi depolama koşullarını sürekli olarak izler ve bu verileri blokzincire kaydeder. Böylece, boya gibi malzemelerin uygun koşullarda saklanıp saklanmadığı sürekli takip edilir ve uygunsuz saklama durumlarına ve ağzı açık kalan boyalara karşı gerekli önlemler alınabilir. Çalışma kapsamında önerilen boya malzeme tedarik sürecini yönetmeyi hedefleyen akıllı sözleşme algoritmasından beklenen faydalar özet olarak aşağıdaki gibi listelenebilir.

- Ödemelerin zamanında gerçekleşmesi.
- Siparişin zamanında ve doğru miktarda verilmesi ve teslim edilmesinin sağlanması.
- İş programına yüklenici ve tedarikçilerin koordine biçimde uymasının sağlanması.
- Yüklenicinin malzemesi uygun ortamda saklanması.
- Ağzı açık bırakılıp özelliğini yitirmiş boyanın kullanımının önlenmesi.

Taraflar arasında ortaya çıkabilecek haksız taleplerin önlenmesi

Teşekkür

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: FYL-2024-3471.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile kişisel ve finansal çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

Kaynaklar

- [1] Alsadi M, Gülseçen S, Kara S, Özdenizci Köse B, Coşkun V. Blockchain tabanlı bir veri yönetim modeli. *Journal of Information Systems and Management Research*, 2019;1(1): 31-36.
- [2] Mustaoğlu AF. Blockchain-Based Data Sharing and Managing Sensitive Data. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 2018;14:235-240.
- [3] Prakash A, Ambekar, S. Digital transformation using blockchain technology in the construction industry. *Journal of information technology case and application research*, 2020; 22(4):256-278.
- [4] Özyürek H. Blockchain teknolojisinin mevcut ve muhtemel kullanım alanları. *Anadolu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2021;22(4):31-50.
- [5] Erinle Y, Kethepalli Y, Feng Y, Xu J. SoK: Design, vulnerabilities and defense of cryptocurrency wallets. *arXiv preprint arXiv: 2023;2307.12874*.
- [6] Turk Ž, Klinc R. Potentials of blockchain technology for construction management. *Procedia engineering*, 2017;196:638-645.
- [7] Şimşek MA. A Study of Blockchain in IoT Architecture. *International Journal of Engineering and Innovative Research*, 2021;3(2):163-174.
- [8] Shojaei A. Exploring applications of blockchain technology in the construction industry. *Proceedings of International Structural Engineering and Construction*, 2019;6;CON 31-1-CON 31-6
- [9] Dounas T, Lombardi D, Jabi W. Framework for decentralised architectural design BIM and Blockchain integration. *International journal of architectural computing*, 2021;19(2):157-173.
- [10] Zheng R, Jiang J, Hao X, Ren W, Xiong F, Ren Y. bcBIM: A Blockchain-Based Big Data Model for BIM Modification Audit and Provenance in Mobile Cloud. *Mathematical problems in engineering*, 2019;1:5349538.
- [11] Polat, M., Özyürek, H., & Baysal, Z. Blockchain Technologies: A Light On Future Works. *EJOSTIMTECH International Electronic Journal of OSTIMTECH*, 2022;1(1):35-50.
- [12] Osunsanmi TO, Aigbavboa C, Oke A. Construction 4.0: the future of the construction industry in South Africa. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 2018;12(3): 206-212.
- [13] Alaloul WS, Liew MS, Zawawi NAWA, Mohammed BS. Industry revolution IR 4.0: future opportunities and challenges in construction industry. In *MATEC web of conferences* 2018;203:02010. EDP Sciences.
- [14] Leviäkangas P, Paik SM, Moon S. Keeping up with the pace of digitization: The case of the Australian construction industry. *Technology in Society*, 2017;50:33-43.
- [15] Chowdhury T, Adafin J, Wilkinson S. Review of digital technologies to improve productivity of New Zealand construction industry, *Journal of Information Technology in Construction*, 2019;24:569-587.
- [16] Nawari NO, Ravindran, S. Blockchain technology and BIM process: review and potential applications. *Journal of Information Technology in Construction*, 2019;24;209-238
- [17] Liu Z, Jiang L, Osmani M, Demian P. Building information management (BIM) and blockchain (BC) for sustainable building design information management framework. *Electronics*, 2019;8(7):724.
- [18] Maskuriy R, Selamat A, Ali KN, Maresova P, Krejcar O. Industry 4.0 for the construction industry—how ready is the industry?. *Applied Sciences*, 2019;9(14):2819.
- [19] Ünal G, Uluyol Ç. Blokzinciri teknolojisi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 2020;13(2):167-175.
- [20] Das M, Tao X, Cheng JC. BIM security: A critical review and recommendations using encryption strategy and blockchain. *Automation in construction*, 2021;126:103682.
- [21] Erbaş, S. Reklamcılıkta ve Pazarlamada Yeni Nesil Teknoloji: Blockchain. *Gümüşhane Üniversitesi İletişim Fakültesi Elektronik Dergisi*, 2019;7(2):712-729.
- [22] Salman S, Alaswad S. Vehicles emissions consideration in transportation network design using Markov chain traffic assignment. In *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Dubai, UAE, 2020.
- [23] Nirantar K, Karmakar R, Hiremath P, Chaudhari D. Blockchain based supply chain management. In *2022 3rd international conference for emerging technology (INCET)* 1-8. IEEE, 2022, May.

- [24] Hamledari H, Fischer M. Construction payment automation using blockchain-enabled smart contracts and robotic reality capture technologies. *Automation in Construction*, 2021;132: 103926.
- [25] Kumi S, Lomotey RK, Deters R. A Blockchain-based platform for data management and sharing. *Procedia Computer Science*, 2022;203:95-102.
- [26] Figueiredo K, Hammad AW, Haddad A, Tam VW. Assessing the usability of blockchain for sustainability: Extending key themes to the construction industry. *Journal of Cleaner Production*, 2022;343:131047.
- [27] Yang Z, Zhu C, Zhu Y, Li X. Blockchain technology in building environmental sustainability: A systematic literature review and future perspectives. *Building and Environment*, 2023;245: 110970.
- [28] Shishehgarkhaneh MB, Moehler RC, Moradina SF. Blockchain in the construction industry between 2016 and 2022: a review, bibliometric, and network analysis. *Smart Cities*, 2023; 6(2):819-845.
- [29] Wei P, Wang D, Zhao Y, Tyagi SKS, Kumar N. Blockchain data-based cloud data integrity protection mechanism. *Future Generation Computer Systems*, 2020;102:902-911.
- [30] Agarwal U, Rishiwal V, Tanwar S, Chaudhary R, Sharma G, Bokoro PN, Sharma R. Blockchain technology for secure supply chain management: A comprehensive review. *Ieee Access*, 2022;10;85493-85517.
- [31] Waqar A, Khan AM, Othman I. Blockchain empowerment in construction supply chains: Enhancing efficiency and sustainability for an infrastructure development. *Journal of Infrastructure Intelligence and Resilience*, 2024;3(1):100065.
- [32] Wong PM, Sinha RKS, Chui CK. Blockchain in manufacturing quality control: A computer simulation study. *Plos one*, 2021;16(3):e0247925.
- [33] Wu H, Zhang P, Li H, Zhong B, Fung IW, Lee YYR. Blockchain technology in the construction industry: Current status, challenges, and future directions. *Journal of construction engineering and management*, 2022;148(10):03122007.
- [34] Mahmudnia D, Arashpour M, Yang R. Blockchain in construction management: Applications, advantages and limitations. *Automation in construction*, 2022;140:104379.
- [35] Sheng D, Ding L, Zhong B, Love PE, Luo H, Chen J. Construction quality information management with blockchains. *Automation in construction*, 2020;120:103373.