

Blok Zinciri Tabanlı Akademik Tavsiye Mektubu Sistemi Modeli

Araştırma Makalesi/Research Article

 Caner DEMİR¹,  Selçuk ÖZDEMİR²

¹Yönetim Bilişim Sistemleri, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

²Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

caner.demir2@gazi.edu.tr, sozdemir@gazi.edu.tr

(Geliş/Received:12.08.2022; Kabul/Accepted:17.01.2023)

DOI: 10.17671/gazibtd.1161180

Özet— Tavsiye mektubu iş, staj ve eğitim başvurularında öğrenciler hakkında genel ve öznel bilgi sağlayan yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Mevcut süreçlerde tavsiye mektuplarının fiziksel olarak alıcı kurumlara iletilmesi veya alıcı kurumların ilgili merkezi sunucularına çevrim içi portal aracılığı ile yüklenmesi yaygın olarak tercih edilmektedir. Fiziksel iletilen durumda belge ve dokümanların kaybolması; çevrim içi olarak iletilen belgelerde ise merkezi sunucuların doğası gereği verinin kaybolması, çalınması ve değiştirilmesi gibi riskler mevcuttur. Bu çalışmada mevcut süreçlerde yaşanabilecek sorunların önüne geçilebilmesi için blok zinciri tabanlı akademik tavsiye mektubu modeli önerilmektedir. Akıllı sözleşmeler kullanılarak izlenebilir, şeffaf, güvenli ve merkezi olmayan yapıda tasarlanan model ile birlikte mevcut süreçlerde yer alan ve kurumdan kuruma değişen farklı istek ve ihtiyaçların standart bir iş akışı getirilerek paydaşlar arası veri iletiminin otomatize edilmesi amaçlanmaktadır. Ethereum ağı kullanılarak tasarlanan sistemin mimari modeli, sözde kodları ve iş akışı detaylı olarak aktarılmakla birlikte paydaşların birbirleri arasındaki bilgi akışı sıra diyagramları ile tarif edilmektedir. Geliştirilen sisteme ait akıllı sözleşme kodları açık kaynak olarak Github üzerinden paylaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler— blok zinciri, akademik tavsiye mektubu, ethereum, akıllı sözleşme

Blockchain Based Academic Letter of Recommendation System Model

Abstract— Letter of recommendation is a widely used method that provides general and subjective information about students in job, internship and education applications. In the current processes, it is widely preferred that the letters of recommendation are physically sent to the recipient institutions or uploaded to the relevant central servers of the recipient institutions via an online portal. There are some risks such as loss of documents when they are physically transmitted and loss, theft and alteration of data in documents transmitted online due to the nature of central servers. In this study, a blockchain-based academic recommendation letter model is proposed to prevent problems that may occur in current processes. With the model designed in a traceable, transparent, secure and decentralized structure using smart contracts, it is aimed to automate data transmission between stakeholders by bringing a standard workflow for different requests and needs that take place in existing processes and vary from institution to institution. The architectural model, pseudo-codes and workflow of the system designed using the Ethereum network are explained in detail, and the information flow between the stakeholders is described with sequence diagrams. Smart contract codes of the developed system are shared on Github as open source.

Keywords— blockchain, academic letter of recommendation, ethereum, smart contract

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Tavsiye mektubu, talep edenin kişilik özellikleri, çalışma alışkanlıkları ve iş deneyimi hakkında bilgi sağlayan yaygın kullanılan bir yöntemdir. Tavsiye mektupları, tipik olarak yazıldığı kişi için yaygın ve özel bilgiler sağlar [1]. Tavsiye verenlerin başvuru sahiplerini çeşitli boyutlarda tanımlamalarına olanak tanır ve kuruluşlar genellikle tavsiye yazarlardan bu bilgileri başvuru sahiplerinin belirli bir iş veya eğitim için uygunluğuna göre uyarlamalarını ister [2]. Akademik tavsiye mektubu ise başvuru pozisyonu dair ilgili öğrencinin becerilerini, kişisel özelliklerini ve yetkinliğini, onu iyi tanıyan öğretmen ve akademisyenlerin yorumlarıyla beraber yazdığı bir referans yazısıdır. Üniversitede okuyan lisans veya lisansüstü öğrenciler çeşitli iş ve eğitim başvurularında genellikle tavsiye mektubuna ihtiyaç duymaktadırlar. Tavsiye mektubunun ulaştığı alıcı kurum veya üniversite için birçok başvuru arasında doğru adayı seçme noktasında tavsiye mektuplarının önemli bir rolü bulunmaktadır. Öğrenciyi doğru ve açık bir şekilde tanımlayan tavsiye mektubu en uygun öğrencinin en kısa zaman içerisinde seçilmesine neden olarak hem maliyet hem de zaman tasarrufu sağlamaktadır [3]. Tavsiye mektupları öğrencilerin mezuniyet not ortalaması ve alınan derslerdeki başarısından sonra uygun aday belirleme aşamasında üçüncü önemli faktör olarak tanımlanabilmektedir [4]. Adayı başvurduğu rol için uygun olduğunu etkili bir şekilde ifade eden referans mektubu, ilgili kişiyi diğerleri karşısında bir adım öne çıkaran önemli bir etken olmaktadır [5].

Yüksek öğrenim öğrencilerinin üniversite, kamu ve özel kurum başvurularında akademik referans mektubu sıklıkla istenilen şartlardan birini oluşturmaktadır. Mevcut durumda referans yazısı iki şekilde alıcı kuruma ulaştırılmaktadır. İlk yöntem, geçmişten gelen yaklaşımı oluşturmakta olup zarf içerisinde kapalı ve imzalı olarak akademisyen tarafından ilgili öğrenciye teslim edilip daha sonra alıcı kuruma fiziksel olarak ulaştırılmasını oluşturmaktadır. Bu yöntem özellikle internet kullanımının yaygın olmadığı geçmiş dönemlerde daha çok kullanılmasına rağmen halen günümüzde de yaygın bir şekilde tercih edilmektedir. Bir diğer yöntemde ise öğrenci, ilgili akademisyenden aldığı gizli olmayan belgeyi dijital ortamda ilgili alıcıya e-posta olarak veya ilgili kurumun başvuru ortamında çevrim içi olarak ileterek gerçekleştirmektedir. Son yöntem ise, günümüzde daha çok tercih edilen şekilde, ilgili kurumun çevrim içi başvuru ortamından akademisyen e-posta adresine gönderilen tekil bir adres üzerinden erişilip referansın yüklenmesiyle tamamlanmaktadır.

Mevcut süreçte kullanılan yöntemler ile akademik tavsiye mektupları tahrif edilmeye müsait olmakla birlikte yanlış ve doğru olmayan beyan durumu bulunmaktadır. Bunun önüne geçmek için alıcı kurumlar ilgili akademisyene telefon veya e-posta ile ulaşarak doğrulama sağlamaktadır. Bu yöntem sürecin uzatarak zaman ve maliyet israfına sebep olmaktadır. Ayrıca fiziki olarak ulaştırılan belgeler her zaman kaybolma ihtimaliyle karşı karşıya kalmaktadır.

Dijital ortamda ulaştırılan yazılar da merkezi sunucularda oluşabilecek bir kesintiden etkilenecektir. Tek bir hata noktası (Single Point of Failure) merkezi sunucularda yaşanan önemli bir zafiyet türüdür. Bu zafiyet mevcut dijital veriye ulaşmada kesinti yaşanmasına ve hatta tamamen veri kaybına neden olabilmektedir [6].

SocialTalent adlı global düzeyde bir insan kaynakları kurumunun 1000'den fazla kurum ile birlikte yaptığı geniş kapsamlı bir anket araştırmasında, kurumların %17'den fazlası iş başvurularında sahte referans ile karşılaştıklarını belirtmişlerdir. Bu hileli tavsiye mektuplarının ise %80'den fazlasını başlangıç ve orta seviye pozisyonlar için temin edildiği bildirilmiştir. Belirli bir ücret karşılığında istenilen tavsiye mektubunu ilgili kişi için yazan çevrim içi ortam sayısı günümüzde hızla artmaktadır. Tavsiye mektubunun kişiler için iş ve akademik başvurularda önemli bir değerlendirme aracı olduğu düşünüldüğünde bu iş başvuru süreçlerine oldukça zarar verdiği açıktır [7].

Blok zinciri teknolojisi dünya genelinde Bitcoin kripto parasının başarısı ve etkisiyle adını duyurmuştur [8]. Genellikle dağıtık defter olarak da tanımlanan bu teknoloji tümüyle aynı kavramı ifade etmemektedir. Dağıtık defter birden fazla katılımcının çoklu lokasyonlarda tuttuğu veri tabanı olarak tanımlanabilirken blok zinciri teknolojisini kullanma zorunluluğu içermemektedir. Blok zinciri ise dağıtık defterin bir uygulaması olarak bir kayıt zinciri oluşturmak için defterdeki veri blokların kriptografik olarak imzalanarak bağlanması olarak ifade edilebilmektedir [9]. Blok zinciri birbirine güven esaslı olmayan düğümler tarafından tutulan sadece kayıt eklenerek büyüyen bir veri yapısıdır. Blok zincirinde yer alan düğümler, içerisinde çok sayıda işlem içeren sıralı bir blok kümesi üzerinde anlaşmaya varırlar [10]. Blok zinciri ağındaki her bloğun özet değeri, ardışık olarak sonra gelen blok tarafından tutulmakta ve bağlantı sağlanmaktadır. Böylelikle ağı daha güvenli ve değiştirilmeye karşı korumalı hale getirmektedir [11]. Son yıllarda finanstan eğitime, enerjiden sağlığa ve dijital kimlikten tarıma birçok farklı sektörde kendisine uygulama alanı bulan bir teknoloji haline gelmiştir [12]. Mevcut merkezi otoritenin dışında ve aracılar olarak katılımcıların güvenli bir şekilde işlem kaydını dağıtık olarak tutabilen, değiştirilemez ve dağıtık bir altyapı sunmaktadır [13].

Mevcut akademik referans sürecindeki zorluklar ve eksiklikler incelendiğinde blok zinciri teknolojisi ile bu zafiyetlerin üstesinden gelebilecek güvenli, süreçlerin çevrim içi ortamda ilerlediği, merkezi sunucularda tutulmayan ve tavsiye mektubu süreçlerinin standart bir iş akışı ile sunulduğu akıllı sözleşme tabanlı bir model önerilmektedir. Ethereum akıllı sözleşmeleri kullanılarak birçok kurumun birbirinden farklı işleyiş ile ele aldığı süreçlerin ortak bir iş akışına sahip olabilmesi ve şeffaf bir biçimde kayıt altına alınması hedeflenmektedir. Bu çalışma kapsamında açık Ethereum ağında modelin kendi yetkilendirme ve doğrulama fonksiyonları detaylı olarak tasarlandığından ve paydaşların kayıtlarından referans mektuplarının ilgili kurum tarafında doğrulanmasına kadar

tüm süreç geliştirilip test edildiğinden dolayı kapsam akademik boyut ile kısıtlanmıştır. Herhangi bir merkezi otorite veya aracı olmadan tasarlanan model, paydaşlar arasında referans mektubu sürecinin detaylı olarak anlaşılabilmesi için ilgili sıra diyagramları, sözde kod blokları ve iş akışının yer aldığı sistem mimarisi ile birlikte anlatılmıştır. Modüler bir biçimde tasarlanan ve geliştirilen akademik tavsiye mektubu modeli ek paydaşların eklenmesiyle global ölçekte genişlemeye müsait olup diğer sektörlerde de benzer iş süreçlerinde kolaylıkla geliştirilebilir ve kullanılabilirlik imkanına sahip olabilecektir.

Makalenin devamında literatürde yer alan benzer çalışmalar anlatılmıştır. Materyal ve metot kısmında kullanılan teknolojiler ve takip edilen yöntemler anlatılmış olup kullanılan akıllı sözleşme kodları sözde kod olarak sunulmuştur. Ayrıca sıra diyagramları ve sistemin genel mimarisi ile modelin işleyişi detaylı olarak tarif edilmiştir. Bu bölüm, ilgili fonksiyonların maliyet analizi ve tartışma bölümü ile sonlandırılmıştır. Son bölümde sonuç ve ileriye yönelik çalışmalar anlatılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI (LITERATURE REVIEW)

Bu bölümde akademik tavsiye mektubunun blok zinciri olmadan mevcut kullanım alanları ve blok zinciri yaklaşımı ile yapılmış benzer çalışmalar anlatılmaktadır. Literatürde blok zinciri tabanlı akademik referans uygulaması ile ilgili çalışmaların çok az olması sebebiyle blok zinciri tabanlı sertifika, doküman ve diploma yönetimi gibi bizim çalışmamıza yakın çalışmalarda dahil edilmiştir.

Dünya genelinde her yıl yapılan sıralamalarda üst basamaklarda yer alan, çok sayıda başvuru alan ve dolayısıyla en çok referans mektubu talebi ile karşılaşan üniversitelerden bazılarının bu konudaki yaklaşımında ise kendi işleyişlerine göre farklılıklar bulunmaktadır [14].

MIT (Massachusetts Institute of Technology) öğrencilerin tavsiye mektuplarını kendi başvuru portallarından çevrim içi olarak gönderilmesini tercih etmektedir [15]. Ayrıca portal dışında belgelerin saklanabileceği Interfolio gibi bazı web uygulamalarına da izin vermektedir. Interfolio, başvurular sırasında gönderilen bazı belgelerin firmanın merkezi sunucularında saklanarak birden çok kuruma veya üniversiteye tek bir yerden gönderilmesine yardımcı olan bir web uygulamasıdır [16]. Cambridge Üniversitesinde ise başvuru aşamasında ilgili akademisyenlerin e-posta bilgisi verilerek üniversitenin o kişilere göndereceği tekil belge yükleme linki ile bu aşama tamamlanmaktadır [17]. Stanford Üniversitesinde başvurular istenilen iki adet referans belgesinin öğrenci tarafından çevrim içi başvuru portalına eklenmesi beklenmektedir. Dosya eklenmesi sırasına oluşabilecek hatalarda ise belgelerin ilgili e-posta adresinden de iletilebileceği belirtilmektedir [18]. Harvard Üniversitesi başvurularında kendi uygulama portalını kullanmaktadır. Bu portal üzerinde istenilen üç adet tavsiye mektubu için ilgili akademisyenlerin e-posta

bilgisinin sisteme eklenmesi beklenmektedir. İlgili akademisyenlere gönderilecek bağlantı adresleri ile öğrenci hakkında tavsiye yazısı kendi sistemleri üzerinden eklenmektedir. Interfolio gibi harici web uygulamalarının kullanımına izin verilmemektedir [19]. Kaliforniya Teknoloji Üniversitesi (CALTECH) ise başvuru sistemi üzerinden üç adet tavsiye mektubu istemektedir. Bu mektuplar dijital olarak öğrenci tarafından gönderilebileceği gibi akademisyende ilgili e-posta adresine veya fiziksel olarak posta yoluyla üniversite ilgili enstitü adresine gönderebilmektedir [20]. Türkiye’de yer alan üniversiteler de ise Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) başvurularında referansı iletilmek istenilen kişinin bilgileri ilgili alanlara girildikten sonra 48 saat içinde tavsiye yazılmak için bir adet link göndermektedir. Referans yazacak ilgili kişi bu link aracılığı ile çevrim içi olarak süreçleri tamamlamaktadır [21]. Boğaziçi Üniversitesinde referans mektubu alınacak en az iki kişinin adı, soyadı ve e-posta adresi başvuru portalında iletilmektedir. Başvuru öğrenci tarafından gönderildikten sonra, iletişim bilgileri verilen kişilere referans mektuplarının iletilmesi için ilgili otomatik e-posta gönderilir. Referans mektubunu yazacak olan kişiler çevrim içi sistem aracılığı ile referans mektubunu iletildiğinde başvuru sahibine bilgilendirme e-posta ile yapılmaktadır [22].

Yukarıda araştırılan üniversitelerin başvuru bilgi sistemleri incelendiğinde öğrenme yönetim sistemlerine ek bir modül ile veya başka bir web tabanlı yazılım ile bu başvuruların alındığı anlaşılmıştır. Mevcut akademik öğrenme ve başvuru süreçlerinde fiziksel olarak katılım Covid-19 pandemisi ile birlikte yerini daha çok çevrim içi öğrenme ve başvuru süreçleri ile değiştirmiştir [23]. Fiziksel olarak tavsiye mektubunun iletimini daha çok dijital olarak iletilmesine bırakmıştır. Bu sebeple incelenen üniversitelerin birçoğunun da web tabanlı başvuru portalları aracılığı ile tavsiye mektuplarını dijital olarak merkezi sunucularında tuttukları görülmüştür. Üniversitelerde artan çevrim içi uygulamalarda birçok öğrenci ve akademisyen bilgilerine ek olarak başvurular sırasında iletilen kişisel bilgiler ile referans mektupları da yer almaktadır [24]. Literatürde tavsiye mektupları özelinde merkezi sunucularda gerçekleşmiş kayıp sayısı ile ilgili veri bulunamamıştır. Bununla birlikte referans mektupları ile birlikte diğer tüm eğitim bilgilerinin saklandığı üniversite ağ ve sunucularına gerçekleşen saldırılarda yıldan yıla bir artış olduğu ve bu durumun diğer eğitim ve kişisel bilgilerin yanında öğrencilerin gizli referans bilgilerinin de siber tehlike altında olabildiğini göstermektedir. BlueVoyants (2021), yayınladığı siber saldırı raporunda üniversite sunucularına yapılan siber atakların sayısının 2019 ile 2020 arasında %100 arttığını belirtmiştir. Bu siber saldırıların maliyetinin okullara 447.000 Amerikan doları olduğu ifade edilmiştir [25]. Tavsiye mektupları dahil birçok hassas veri barındıran bu sunuculardaki yazılım ve ağ zafiyetleri bilgisayar korsanları tarafından önemli bir hedef olmaya gelecekte de devam edeceği öngörülmektedir [26].

Tavsiye mektuplarının yukarıda bahsedilen geleneksel yöntemlerle iletilmesinin dışında blok zinciri tabanlı

olarak bu sürecin doğruluğunun sağlanması üzerine Rahman ve ark. (2021) çalışma yapmıştır. Ethereum blok zinciri ağında tasarlanan bu model ile tavsiye mektuplarının tahrif edilmesi ve yalan beyanların önüne geçilebilmesi için referans mektubunun sadece IPFS temelli belge yüklenip doğrulandığı aşama blok zinciri teknolojisi ile tasarlanmıştır [27]. Marella ve Vijayan (2020) yaptıkları çalışmada iş başvurularında kullanılan belge ve dokümanların değiştirilmesini engellemek için blok zinciri tabanlı Hyperledger altyapısı ile belge doğrulama modeli geliştirmişlerdir. Başvuru esnasında gerekli olan bütün dokümanların hash değerlerinin konsorsiyum blok zinciri ağına kaydedilmesi ve bu değeri belgenin kendi hash değeri ile kıyaslanarak doğrulanması üzerine bir sistem tasarlamışlardır [28]. Kumavat (2020), öğrencilerin aldığı sertifikaları blok zinciri ağına aktararak doğrulanmasının sağlanması üzerine bir çalışma yapmıştır. Gerçekleştirilen modelde blok zinciri ağı olarak Ethereum ve dağıtık dosya paylaşım sistemi IPFS kullanılmıştır. Yapılan çalışma ile yanlış sertifika beyanında bulunulmasının engellenmesi, doğru ve değiştirilmemiş sertifikaların dağıtık web uygulaması aracılığı ile ilgili kurumlarla paylaşılması ele alınmıştır [29]. Taha ve Zakaria (2020) yaptıkları çalışmada iş başvurularında özgeçmiş, sertifika ve tavsiye mektuplarının doğrulanmasını sağlamak üzere Ethereum ağında geliştirdikleri modelde kişilerin bu beyanlarının doğrulanmasını amaçlamışlardır. Maliyet analizi de yapılan makalede sertifika kuruluşları, işe başvuranlar ve işverenler arasında güvenli bir blok zinciri tabanlı ağ kurulması hedeflenmiştir [30]. Alabduljabbar (2021) gerçekleştirdiği çalışmada mobil uygulama ile referans mektubunun öğrencinin iş, eğitim ve staj başvurularındaki süreçlerin kısılmasını ve daha standardize edilmiş hazır şablon mektupların oluşmasını amaçlamıştır. Paydaşlar arasındaki süreçlerin zaman olarak kısaltılmasını amaçlayan bu makale de geliştirilen yazılım için ayrıca kullanıcı kabul testleri de yapılmış olup önerilen model blok zinciri teknolojisi ile geliştirilmemiştir [31].

Blok zinciri ve akıllı sözleşmeler kullanılarak yapılan çalışmaların sayısı giderek artmasına rağmen akademik tavsiye mektubu ile ilgili literatürde yukarıda bahsedilen az sayıda çalışmaların yapıldığı görülmektedir. Bu araştırmalar da genel olarak doküman ve belge doğrulama ağırlıklı olarak yapılmıştır [27-29]. Önerdiğimiz modelde belgelerin okunup doğrulandığı aşamaya ek olarak üç adım daha mevcuttur. Bunlar paydaşların kaydedilmesi, talebin iletilmesi, talebin değerlendirilmesi süreçleridir. Akademik tavsiye mektubu modelinin benzer çalışmalardan farklı olarak aşağıda belirtilen durumlar üzerinden literatüre özgün şekilde katkı sağlayacağı hedeflenmektedir.

- Açık erişimli Ethereum blok zinciri ağında yer alan Metamask vb. cüzdanlarla kimlik doğrulama aşamasına ek olarak önerdiğimiz model kendi doğrulama ve işlem bazı yetkilendirme fonksiyonlarına sahip bulunacaktır. Paydaşların önerdiğimiz model üzerinde yapacakları her bir işlem için Ethereum ağında tanımlı olmasına ek olarak

kendi modelimiz üzerinde tanımlı olması durumunda işlemleri gerçekleştirebilecektir.

- Paydaşların modele; rollerine göre kaydedilmesi, öğrencilerin mektup için istek göndermesi ve bunun akademisyenlerce değerlendirilmesi, kurumların ilgili mektupları doğrulayıp okuyabilmesi aşamalarının detaylı olarak tasarımı, geliştirilmesi ve testleri yapılarak tüm süreç boyutunda tam bir çerçeve sunulacaktır.
- Modelin tüm akıllı sözleşme kodları açık kaynak olarak paylaşılıp gelecek benzer çalışmalara katkı sağlayabilecektir.

Üniversite lisansüstü ve iş başvurularında akademik referansın halen yaygın kullanıldığı da göz önüne alındığında bu çalışma kapsamında önerdiğimiz blok zinciri tabanlı akademik referans sistemi modelinin mevcut başvuru ve değerlendirme adımlarında daha şeffaf, güvenli, uluslararası ölçekte genişletilebilir ve süreçlerin standardize edildiği bir çözüm önerisi getirmektedir.

3. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

3.1. Önerilen Model Tasarımı (Proposed Model Design)

Blok zinciri tabanlı akademik tavsiye mektubu sistemi Şekil 1'de gösterildiği gibi sistemi kullanan aktörlerden, akıllı sözleşmelerden ve IPFS gibi dağıtık dosya paylaşım ortamından oluşmaktadır. Eğitim bölümünde yer alan paydaşlardan üniversiteleri ekleyen paydaş, üniversiteler, öğrenciler ve akademisyenler birçok ülkede aynı rollerde bulunduğu için farklı bir ülkede önerilen sistemin kullanılması herhangi bir değişikliğe neden olmayacaktır. Özel firmaların bağlı olduğu üst birim Türkiye'de TOBB iken Amerika'da U.S. Chamber of Commerce, Almanya'da Association of German Chambers of Commerce and Industry olarak geçmektedir. Özel firmaların bağlı olduğu üst meslek odalarının ülkeler değiştiğinde sadece adı değişmekte olup önerdiğimiz model kullanımında herhangi bir rol ve sistem değişikliğine gidilmesine sebep olmamaktadır. Kamu kurumlarının bağlı olduğu bir üst birim birçok ülkede mevcut olup Cumhurbaşkanlığı, Başbakanlık veya Bakanlık olarak önerilen sisteme en başta tanımlanarak modelin uygulanması gerçekleştirilebilmektedir. Sistemde yer alan akademik paydaşları üniversiteleri ekleyen paydaş, üniversiteler, akademisyenler ve öğrenciler oluşturmaktadır. Referanslar özel ve kamu kurumları ile üniversitelere gönderilebileceği için bu kısımda özel firmaları sisteme ekleyen paydaş, özel işyerleri ile kamu kurumları ve kamu kurumlarını sisteme ekleme yetkisinde olan paydaş düşünülmüştür. Önerilen modelin örnek olarak uygulanması ve testleri Türkiye veya diğer ülkelerde neredeyse hiçbir değişikliğe gidilmeden uygulanabilir durumdadır. Sistemin kullanacağı iş kurallarının olduğu akıllı sözleşmeler, Ethereum ağına üniversiteleri sisteme ekleyen paydaş tarafından yüklenecektir. Sözleşmeler yüklenmesi sırasında üniversiteleri, özel firmaları ve kamu kurumlarını sisteme

ekleme yetkisine sahip paydaşların blok zinciri ağındaki adresi gerekmektedir. Kayıt kontratını sisteme ekleyen paydaş ayrıca ağ içerisinde yer alacak üniversiteleri adresleri ile sisteme ekleyebilecektir. Üniversiteler kendilerinde çalışan akademisyenler ile okuyan öğrencileri sisteme ekleme yetkisine sahip olmaktadır. Kamu kurumlarını sisteme ekleyen paydaş kamu kurumlarının adresleri ile kaydedebilecek ve özel firmaları ekleme yetkisini bulunduran paydaş da üye özel işyerlerini sisteme yine benzersiz tekil adresler ile ekleyebilecektir. Mevcut hali ile sadece yetkili adreslerin işlem yapabilmesine izin verilen özel Ethereum ağı oluşturulması hedeflenmiştir. Sistemin ana yapısını oluşturan akademik referans mektubu modeli çeşitli medya formatlarında (Word, Excel, Jpeg, Png vb.) IPFS ağına dağıtık bir şekilde kaydedilip dosyaya özel tekil bir hash değeri elde edilecek ve sistemde dosyalara erişim bu hash değeri ile yetkili kişiler tarafından yapılabilecektir. Takip eden bölümde sistemde yer alan paydaşların detaylı bilgileri ve sistemdeki rollerine yer verilmiştir.

3.1.1. Sistem Paydaşları (System Stakeholders)

Sistem paydaşları aşağıda yer almaktadır. Ülkeler bazında roller değişmeksizin paydaşlar üzerinde bazı isim değişiklikleri yapılarak model kolaylıkla uygulanabilir durumdadır.

Kamu Kurumlarını Sisteme Ekleyen Paydaş: Tavsiye mektubu modelinde kamu kurum ve kuruluşlarının sisteme tekil adreslerinin eklenmesi rolüne sahip bulunmaktadır. Sisteme eklenen kamu birimleri kendilerine iletilen tavsiye mektuplarına rolleri dahilinde erişebilmektedir. Türkiye örneği için bu paydaş T.C. Cumhurbaşkanlığı olarak düşünülebilir.

Özel Firmaları Sisteme Ekleyen Paydaş: Sistemde yer alacak özel firma ve kurumların Ethereum ağına önceden belirli adresleri ile eklenmesinden sorumludur. Eklenen firmalar kendilerine atanmış tavsiye mektuplarını görebilmektedir. Türkiye örneği için bu paydaş Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) olarak düşünülebilir.

Üniversiteleri Sisteme Ekleyen Paydaş: Sistemde üniversite tanımlama yetkisine sahip olup kayıt akıllı sözleşmesinde bu paydaşların eklenmesi rolünün sahibidir. Kayıt akıllı sözleşmesinin Ethereum ağına yüklenmesinden sorumlu olup kontrat sahibidir. Türkiye örneğinde bu paydaş Yükseköğretim Kurumu (YÖK) olarak düşünülebilir.

Üniversiteler: Devlet veya vakıf üniversiteleri tekil adresleri ile sisteme tanımlanmaktadır. Sistemde akademisyenleri ve öğrencileri kendilerine özel adresleri ve bilgileri ile üniversiteler kaydetmektedir. Buna ek olarak

kendilerine gelen tavsiye mektubunu okuma yetkisine de sahiptir.

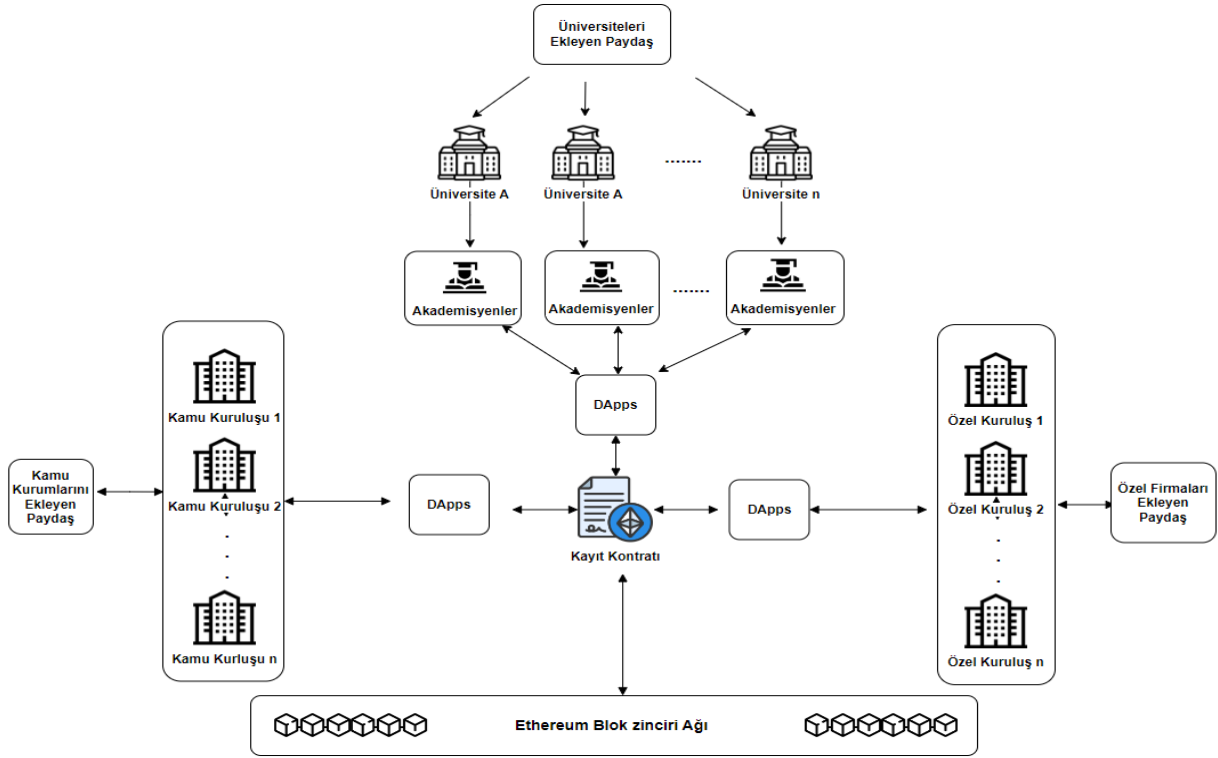
Öğrenciler: Üniversitelerde okuyan veya mezun öğrenciler, üniversiteler aracılığı ile tanımlandıktan sonra tavsiye mektubu talebini, referans mektubu almak istediği akademisyen adres bilgisini, mektubu göndermek istediği özel/kamu kurumu veya üniversite bilgilerini ve tavsiye mektubunu neden almak istediğine dair açıklama ile Ethereum blok zinciri ağına ilgili talebi oluşturup göndermektedir.

Akademisyenler: Üniversitelerde görev yapan akademisyenler, sisteme görev yaptıkları üniversite tarafından tanımlandıktan sonra kendilerine öğrencilerden gelen talepleri inceleme ile birlikte ilgili talebi onaylayıp reddetme rolüne sahip olmaktadır. Onayladığı talep içerisinde öğrenci hakkındaki tavsiyesini belirttiği tavsiye dokümanı ile sistem üzerinden IPFS ağına kaydederek elde edilen ilgili hash değeri ile blok zinciri ağına ilgili kurum veya üniversiteye tavsiye mektubunun ulaşmasını sağlamaktadır.

Özel ve Kamu Kurumları: Sistemde blok zinciri ve IPFS dağıtık dosya ağına kaydedilen akademik tavsiye mektubunun akışında en son yer alan aktörlerdir. Kendi tekil adreslerine atanan referans mektuplarına erişmekte, okumakta ve modelde yer alan tavsiye mektubu akışını tamamlamaktadırlar. İlgili öğrencinin akademisyen tarafından doğrulanmış tavsiye mektubuna blok zinciri ağı üzerinden güvenli bir şekilde ulaşmaktadırlar.

Tablo 1. Sistem paydaşları (System stakeholders)

Paydaş	Rolü
Kamu Kurumlarını Sisteme Ekleyen Paydaş	Kamu kurumu ekleme, güncelleme ve silme
Özel Firmaları Sisteme Ekleyen Paydaş	Özel kurum ekleme, güncelleme ve silme
Üniversite	Akademisyen / öğrenci ekleme, güncelleme ve silme, tavsiye mektubu okuma
Akademisyen	Tavsiye mektubu onay/red ve oluşturma
Özel Kuruluş	Tavsiye mektubu okuma
Kamu Kurumu	Tavsiye mektubu okuma
Öğrenci	Tavsiye mektubu talep oluşturma ve silme



Şekil 1. Önerilen sistem mimarisi (Recommended system architecture)

3.2. Önerilen Modelin Uygulanması (Implementation of the Recommended Model)

Bu bölümde önerilen blok zinciri tabanlı akademik tavsiye mektubu modelinin detayları anlatılmıştır. İlgili model Ganache yerel blok zinciri ağına, Remix IDE kullanılarak Solidity akıllı sözleşme programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. İlgili kodlar herkese açık Github hesabında paylaşılmıştır*. Model birbirini takip eden dört aşama ve arka planda üç akıllı sözleşmeden oluşmaktadır. Paydaşların rolüne göre sisteme eklenmesi (Kayıt Kontrati), öğrencilerin ilgili tavsiye mektubu isteklerini belirledikleri ve model üzerinde tanımlı akademisyenlere göndermesi (Talep Kontrati), akademisyenlerin ilgili talebi onay veya reddetmesi (Talep Kontrati), ilgili referans mektubunun son olarak referans isteyen kurum tarafından doğrulanıp okunması (Talep Okuma Kontrati). Bu sözleşmeler aşağıda detayları ile birlikte anlatılmıştır.

3.2.1. Kayıt Akıllı Sözleşmesi (Registration Smart Contract)

Sistemin sahibi tarafından yüklenen kayıt akıllı sözleşmesi ile modelde yer alan paydaşlar blok zinciri ağına kaydedilmektedir. Her bir paydaş tekil adres değerine sahiptir. Sözleşmenin yüklenmesi esnasında üniversiteleri, kamu kurumlarını ve özel firmaları ekleyen paydaşların adresleri tanımlanmıştır. Sözleşme yüklendikten sonra ilgili iş akışları aracılığı ile akademik tarafta üniversiteler, akademisyenler ve öğrenciler sisteme eklenmektedir. Tavsiye mektuplarının ulaşacağı özel ve kamu kuruluşları da yine bu sözleşme ile ilgili yetki hiyerarşisine göre ağı

eklenir Ethereum ağının doğası gereği yüklenen akıllı sözleşmelerdeki iş akışı ve mantık değiştirilememektedir.

Sözde Kod 1: Öğrenci Kayıt	
Girdi: Öğrenci adresi (adres), ad, soyad, bölüm, üniversite	
1	if Metodu çağırın adres Üniversite then
2	if Öğrenci bilgisi daha önce kayıtlı değil then
3	ogrenciListesi[adres].durum ← true
4	ogrenciListesi[adres].ad ← ad
5	ogrenciListesi[adres].soyad ← soyad
6	ogrenciListesi[adres].universite ← universite
7	ogrenciListesi[adres].bolum ← bolum
8	else
9	Öğrenci zaten kayıtlıdır uyarısı
10	end
11	Else
12	Sadece Üniversite bu işlemi yapmaya yetkilidir uyarısı
13	end

Şekil 2. Öğrenci kayıt sözde kodu (Student registration pseudocode)

Şekil 2'de yer alan sözde kod ile öğrenci kayıt aşamaları detaylı bir şekilde anlatılmaktadır. Öğrenci kaydına yetkili olan birim blok zinciri ağına üniversite olarak kayıt edilmiş olan paydaştır. Öğrenci akıllı sözleşme ile daha önce ağı kayıtlı ise bu adreste öğrenci bilgisi kayıtlıdır uyarısı akıllı sözleşmeden hata olarak dönmektedir. Öğrencinin bu sözleşme listesinde olmadığı yeni

* <https://github.com/fucyier/referenceLetter>

kayıtlarda ise adı, soyadı, bölümü ve üniversite bilgileri ile öğrencinin tekil adresi ağa eklenmektedir.

Özel kurum ve üniversite kaydı işlemi kamu kurumu kaydı işlemine benzediği için yer verilmemiştir. Özel kurumda kayıt yapma yetkisine özel firmaları sisteme ekleyen paydaş sahip iken üniversite kaydında üniversiteleri sisteme ekleyen ana paydaş olarak belirlenmiştir. Diğer işlemlerde olduğu gibi daha önce yeni eklenecek adreslerin sistemde olup olmadığı kontrolü yapılmakta ve olmadığı durumda yeni kayıt blok zinciri ağına eklenebilmektedir. Akademisyen, Öğrenci, özel kurum ve kamu kurumu yeni kayıtlarına ek olarak bu paydaşları sisteme ekleme yetkisine sahip paydaşlar tarafından mevcut bilgilerinde güncelleme yapılabilecektir. Ayrıca yetkisi olan paydaşlar tarafından ilgili kayıtlar pasif duruma çekilebilecektir.

Şekil 3'te kayıt sözleşmesinde yer alan kayıt adımları sıra diyagramında detaylı bir şekilde tarif edilmiştir. Sistemde yer alan tüm paydaşlar tekil blok zinciri adresi ile ağa eklenerek ilgili işlemleri yetkisi dahilinde yapabilecektir. Ayrıca her bir işlemten sonra ilgili paydaşlara Solidity programlama dilinde yer alan olay metodu ile bilgilendirme sağlanacaktır.

3.2.2. Referans Talep Akıllı Sözleşmesi (Reference Request Smart Contract)

Modelin ana bileşenin oluşturan akademik tavsiye mektubunun öğrenciler tarafından süreç içerisine dahil edildiği ve ilgili firma, kamu kuruluşu veya üniversiteye gönderilme aşamasından oluşmaktadır. Kayıt kontratına bağımlı olduğu için yükleme esnasında yapıcı metodu kayıt akıllı sözleşmesinin adres değerine gereksinim duymaktadır.

Şekil 6'da mevcut modelde yer alan öğrenci, akademisyen ve alıcı kurumların birbiri ile etkileşimi genel hatlarıyla gösterilmiştir. Öğrenci, web tabanlı merkeziyetsiz (DApps) önyüz uygulamasından tavsiye mektubunu ilgili akıllı sözleşme aracılığı ile akademisyen ve alıcı adres bilgilerini ekledikten sonra blok zinciri ağına kaydederek tavsiye mektubunun akışını başlatmış olmaktadır.

Akademisyenler kendilerine gönderilen tavsiye mektuplarını onayladıktan ve tavsiye yazısı eklendikten sonra gönderilmek istenen ilgili kurum veya üniversiteye iletilmektedir. Her işlem sonrasında ilgili paydaşlara bilgi mesajları gitmektedir.

Tavsiye Mektubu Talebi Oluştur veya Sil

Öğrencinin referans mektubu Şekil 4'te yer alan sözde kodda gösterildiği gibi sadece öğrenci tarafından sisteme eklenebilmektedir. Öğrenci dışında bir adresten bu metot çağırıldığında yetki hatası almaktadır. Talep edilen akademisyen ve alıcı kurum adresi sitemde tanımlı olarak bulunan ilgili adres listelerinde yoksa uygulama hata

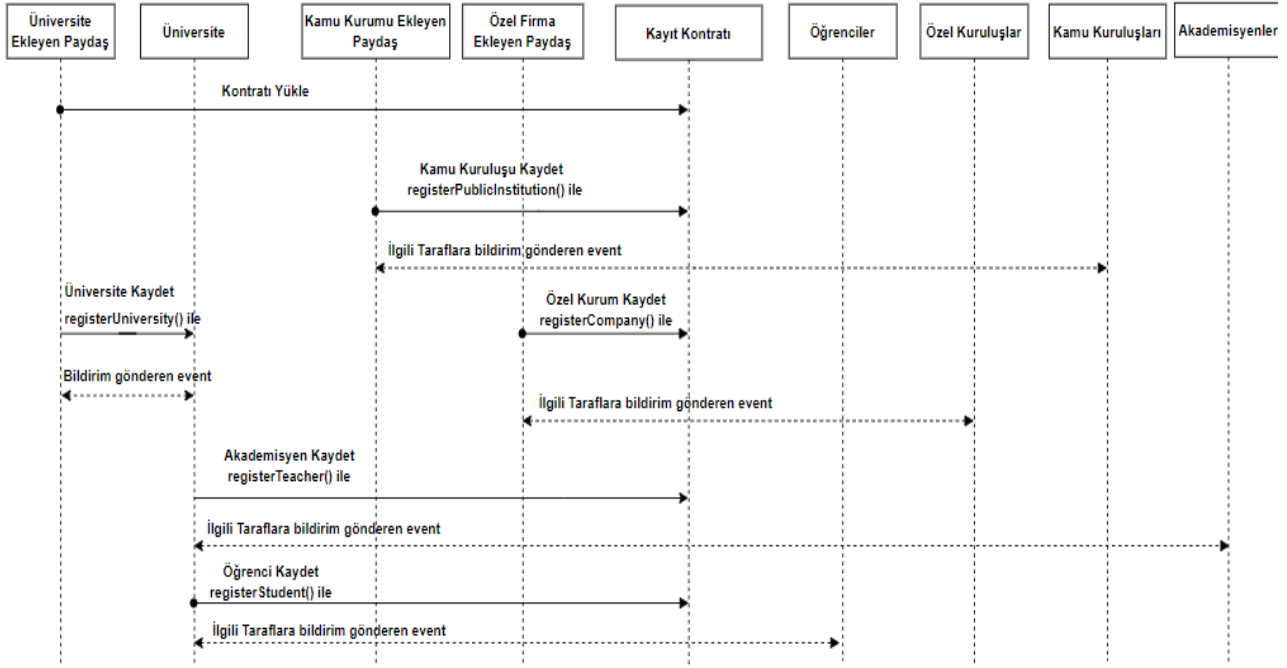
dönerek işlemi iptal edecektir. Doğru tanımlanmış adresler girildiğinde talep edilen referans blok zinciri ağına eklenecektir. Öğrenci tarafından oluşturulmuş talepler, talebi oluşturan öğrenci tarafından eğer akademisyen tarafından süreci başlatılmamış ise sistemden silinebilmektedir.

Tavsiye Mektubu Talebi Okuma ve Değerlendirme

Öğrenci tarafında talebi oluşturulan referans mektubu ilgili akademisyene atanmaktadır. Süreç işleyişinin bu aşamadan sonrası akademisyen tarafında gerçekleştirilip ilerlemesi sağlanmaktadır. İlgili referans talebinin hangi öğrenciden geldiğini talep gerekçesi ile birlikte akademisyen okumaktadır. Daha sonraki aşamada akademisyen bu talebi kabul edebilmekte veya reddedebilmektedir. Kabul edilen talepler bir sonraki sürece ilerleyip öğrenciye bilgi mesajı iletilmektedir. Reddedilen taleplerde ise ret gerekçesi ile birlikte öğrenciye mesaj gidecektir. Ret alan talepler için süreç kapanmış olmakla birlikte kabul edilenler sürece devam edebilecektir.

Sözde Kod 2: Tavsiye Mektubu Talebi Oluştur	
Girdi:	Akademisyen adresi (akademisyenAdres), alıcı adresi (aliciAdres), referansNotu, mektup No (letterId)
mektupListesi:	Akıllı sözleşmede tavsiye mektuplarının tutulduğu mapping tipinde dizidir
Mektup:	Tavsiye mektubu objesidir
Belge:	IPFS hash bilgisi ve belgenin görülme zamanını tutan objedir
Durum:	Mektup aşamalarını tutan enum tipli nesnedir.
1	if Metodu çağırın adres Öğrenci then
2	if Akademisyen adresi ağda kayıtlı then
3	if Alıcı adresi ağda kayıtlı then
4	letterId ← letterId + 1;
5	mektupListesi [letterID] ←
	Mektup(msg.sender,
	akademisyenAdres, aliciAdres,
	referansNotu, Durum.Created,
	Belge(0,block.timestamp,0));
6	Kayıt Tamamlandı Bilgilendirmesi
7	else
8	Alıcı kayıtlı değildir uyarısı
9	end
10	else
11	Akademisyen kayıtlı değildir uyarısı
12	end
13	else
14	Sadece Öğrenci bu işlemi yapmaya yetkilidir uyarısı
15	end

Şekil 4. Tavsiye mektubu talep oluşturma sözde kodu (Recommendation request generation pseudocode)



Şekil 3. Paydaşların kayıt süreçlerine ait sıra diyagramı (Sequence diagram of stakeholder registration processes)

Tavsiye Mektubu Ekleme

Akademisyen olumlu değerlendirdiği talep ile ilgili tavsiye mektubu yazıp belirli bir medya tipinde blok zinciri tabanlı dağıtık web uygulaması üzerinden IPFS ağına kaydederek hash değeri elde eder. Sadece akademisyen tarafından çağırılan tavsiye mektubu ekleme fonksiyonu yetkili olmayan ağdaki başka bir paydaş tarafından eklenildiğinde uyarı mesajı dönecektir. IPFS'ten alınan hash değeri, yazılma zamanı ve yeni süreç durumu ile birlikte mektup nesnesinin ilgili özellikleri atanmaktadır. Eklenilecek belge blok zinciri ağında tutulmadığı dağıtık IPFS sunucularında tutulduğu için sadece belgenin sabit uzunluktaki hash değeri blok zinciri ağındaki mektup nesnesinde tutulacaktır. Bu nedenle eklenecek belgelerin boyutunun oluşacak işlem maliyetine bir etkisi olmayacaktır.

3.2.3. Referans Okuma Akıllı Sözleşmesi (Reference Reading Smart Contract)

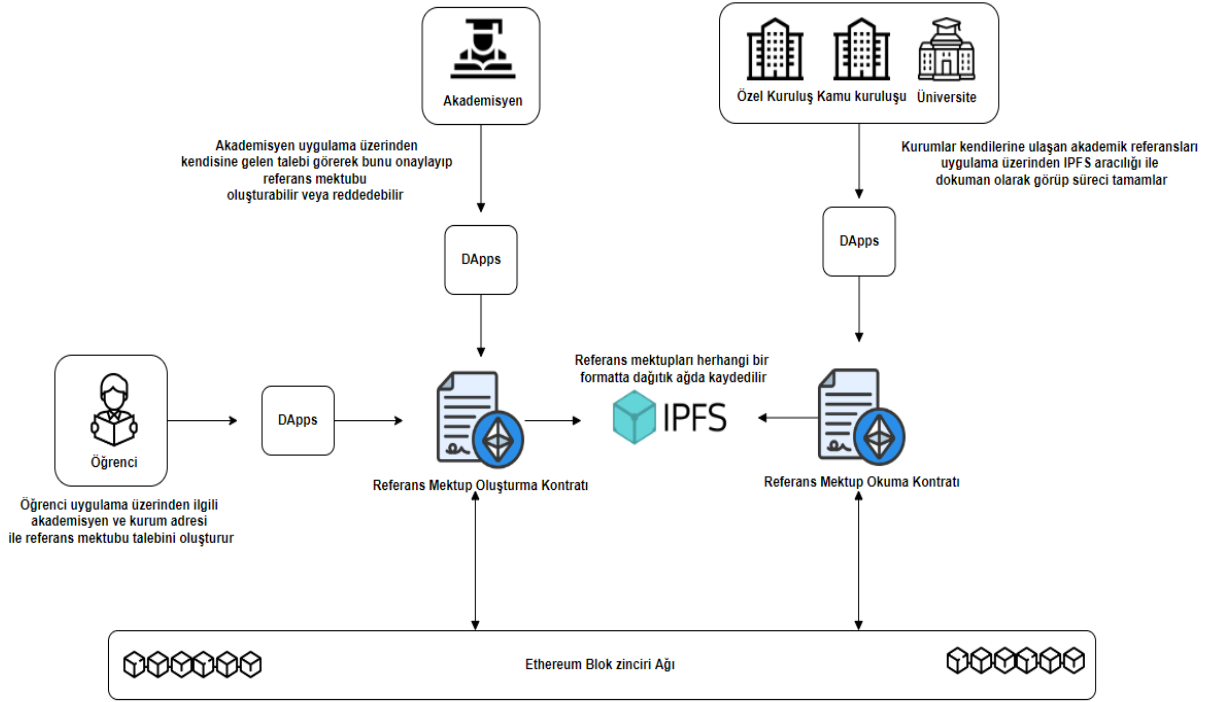
Kayıt kontratına ve referans talep akıllı sözleşmesine bağımlı olduğu için yüklenme esnasında yapıcı metoduna bu akıllı sözleşmelerinin hash değerlerine gereksinim duymaktadır. Öğrenciler tarafından talep edilen ve akademisyenler tarafından blok zinciri ağına yüklenen tavsiye mektupları ilgili kuruma veya üniversiteye gönderilmektedir. Referans okuma sözleşmesi kurumlara gönderilen referansların okunması ve durumunun okundu olarak güncellenmesinden sorumlu olmaktadır. Okundu durumuna getirilen referans mektupları ile birlikte ilgili süreç tamamlanmaktadır. Şekil 5'te yer alan sözde kodda görüldüğü gibi tavsiye mektubu okuma metodu sadece alıcı kurum tarafından çağırılabilir. Tavsiye

mektubunun gönderileceği öğrenci tarafından belirlenmiş alıcı kurum adresinden başka bir adres ilgili referans mektubunu görememektedir.

Başka bir adres metodu çağırıldığında yetki uyarı mesajı dönerek işlemi iptal edecektir. Mektubun atandığı doğru kurum tarafından çağırılan metod içerisinde mektubun görülmeye ve görüldü durumu güncellenmektedir. Hash değeri ile DApps üzerinden IPFS'te yer alan ilgili tavsiye mektubu yüklenen formatta indirilebilecektir. Şekil 7'de talep ile ilgili metodların süreçteki akışı gösterilmektedir.

Sözde Kod 3: Tavsiye Mektubu Okuma	
Girdi:	Mektup No (letterId)
mektupListesi: Akıllı sözleşmede tavsiye mektuplarının tutulduğu mapping tipinde dizidir.	
belge: IPFS hash bilgisi ve belgenin yazılma zamanını tutan objedir.	
durum: Tavsiye mektubunun süreçteki durumunu belirten enum tipli nesnedir. Created, TeacherAdmitted, TeacherRejected, TeacherCompleted, SeenByRecipient değerlerini alabilir.	
1	if Metodu çağırılan adres Alıcı Kurum then
2	if Mektup akademisyen tarafından TAMAMLANDI durumunda then
3	mektupListesi
4	[letterID].belge.gorulmeTarih ← block.timestamp;
5	mektupListesi [letterID].durum ← status.SeenByRecipient;
6	else
7	Mektup durumu sadece TAMAMLANDI belgelerle işlem yapılabilir uyarısı
8	end
9	else
10	Sadece Alıcı Kurum bu işlemi yapmaya yetkilidir uyarısı
	end

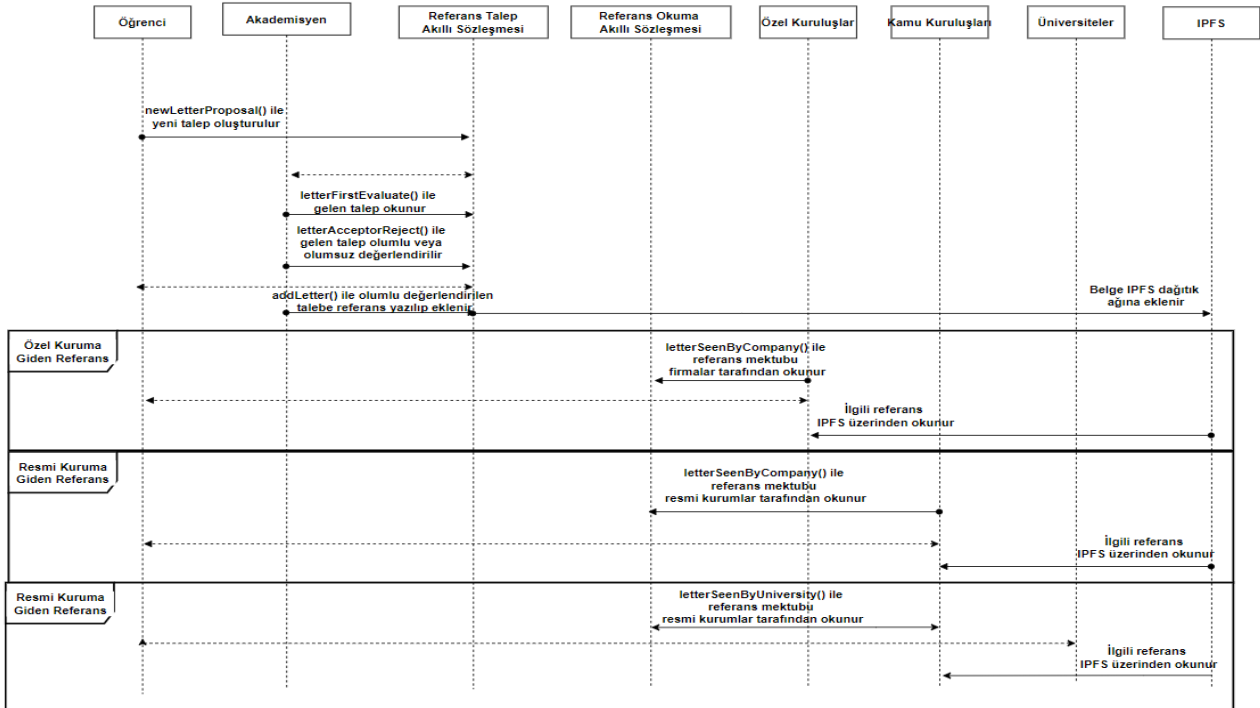
Şekil 5. Tavsiye mektubu okuma sözde kodu (Letter of recommendation reading pseudocode)



Şekil 6. Referans mektubu talebi süreç mimarisi (Reference letter request process architecture)

Tavsiye mektubu modeline ait tüm süreçler Şekil 6 üzerinde sistemde yer alabilecek tüm paydaşlar ile birlikte gösterilmiştir. Tavsiye mektubu sürecinde sisteme yetkili paydaşlar tarafından öğrenciler, akademisyenler, kamu ve özel kurumlar eklenmektedir. Tanımlar yapıldıktan sonra öğrenciler tarafından seçilen akademisyene iletilen tavsiye mektubu akademisyenlerce değerlendirilmektedir. Bu

aşamada IPFS dağıtık dosya paylaşım sistemine tavsiye mektubunun doküman hali eklenir ve hash bilgisi blok zincirinde ilgili yapı nesnesine atanır. Onaylanan mektup öğrenciler tarafından ilk adımda seçilmiş kurumlara gitmektedir. Kurumlar kendilerine gelen referans mektubunu okuyarak süreci tamamlamış olmaktadır.



Şekil 7. Paydaşlar arasındaki tavsiye mektubunun süreçlerine ait sıra diyagramı (Sequence diagram of processes of the letter of recommendation among stakeholders)

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA (RESEARCH RESULTS AND DISCUSSION)

4.1. Model Testi (Model Test)

Önceki bölümlerde modeli ve işleyişi tarif edilen akademik referans mektubu sisteminin bu bölümde yerel blok zinciri ağında test senaryoları çalıştırılmıştır. Öğrencinin talebiyle başlayan süreçte ilgili alıcı tarafından mektubun görülmesiyle tamamlanan iş akışı Remix IDE kullanılarak test edilmiştir. Remix geliştirme ortamı akıllı sözleşmeler ile kodların yazılmasını ve test edilebilmesini sağlayan web tabanlı geliştirme ortamıdır [32]. Test aşamaları akıllı sözleşme temel alınarak üç farklı aşamada incelenmiştir. Bunlar sırasıyla kayıt işlemleri, talep işlemleri ve mektup okuma işlemidir. Tablo 2’de testler sırasında paydaşların kullandığı adresler gösterilmektedir.

Tablo 2. Paydaşların örnek ethereum adresleri (Stakeholders’ sample ethereum addresses)

Paydaş	Ethereum Adresi
Üniversiteleri Sisteme Ekleyen Paydaş	0x019e4e6CFd589b2401F6F13138D575a0B9292C46
Özel Firmaları Sisteme Ekleyen Paydaş	0x7A01F6027652c37C3f9C402A58E34e00611A481d
Kamu Kurumlarını Sisteme Ekleyen Paydaş	0xE4f03dc6b6F7db945f1cbbD7428587D9B282A380
A Üniversitesi	0x5F70de7C808004Eb09aE74a3A4C61CCf446C8F11
XYZ Firması	0x527682F97D1979692113361638897d3146bfbEE9
Akademisyen	0xFF17a8C06ff26ea93F777f555f7936eEAA54c825
Öğrenci	0x98ce595B0FcF1D8100DC9DcEDD460f6cD70A3F3A

4.1.1. Kayıt İşlemleri (Registration Processes)

Kayıt kontratı Ethereum ağına yüklenirken yapıcı sınıfında sistemi kullanacak olan öğrenci, akademisyen ve kurumları yükleyecek olan ana paydaşların adreslerini almaktadır. Bu paydaşları sisteme yükleme iznine sahip olan role sahip kimse bulunmadığından bu adresler

sisteme baştan yüklenmektedir. Kontrat yükledikten sonra paydaşlar, kendilerine ait olan rolün iznine göre öğrenci, kurum, üniversite gibi yeni paydaşlar eklemektedir.

Üniversite kaydı tamamlandıktan sonra akademisyen ve öğrenci kayıt yetkisi üniversitelerde olduğu için ilgili adres üzerinden yapılmak zorundadır. Şekil 8’de akademisyene ait bilgiler ile blok zinciri ağına yazılmaktadır.

Şekil 8. Akademisyen kayıt işlemi
(Academician registration process)

Şekil 9’da görüldüğü gibi akademisyen ilgili üniversite tarafından ağa eklenmiştir. Ekleyen adres tabloda verilen üniversite ve akademisyen adresi ile eşleşmektedir. Benzer şekilde öğrenciler üniversite tarafından, özel kurumlar ve kamu kurumları ilgili paydaşlar tarafından ağa başarı ile eklenmiştir.

Şekil 9. Başarılı akademisyen kayıt işlemi
(Successful academic registration process)

4.1.2. Tavsiye Mektubu Talep İşlemleri

Tavsiye mektubunun talep edildikten ilgili alıcı kuruma gönderilme sürecine kadar olan kısmı referans talep akıllı sözleşmesi tarafından kontrol edilmektedir. İlgili akıllı sözleşme kayıt akıllı sözleşmesinin Ethereum ağındaki adresi ile ağa yüklenmiştir. Ağa yükledikten sonra sürecin ilk basamağını oluşturan öğrenci mektup talebinde bulunmuştur. Blok zinciri ağına daha önce kayıt kontratı ile kaydedilmiş olan ve modelde yer alan akademisyen adresi ile birlikte alıcı kurum veya üniversite adresi referans mektubu talebini yapma gerekçesiyle ilgili metodu Şekil 10’da çağırmıştır.

Şekil 10. Yeni talep oluşturma işlemi
(New request creation process)

Modelde kayıt edilmiş bir öğrenci doğru bir akademisyen ve alıcı kurum adresi ile talep gerçekleştirdiğinde Şekil 11'deki gibi başarılı işlem bilgi mesajını almıştır.

Şekil 11. Başarılı talep oluşturma işlemi
(Successful request creation process)

Oluşturulan talep akademisyen tarafından okunmaması şartı ile sistem üzerinden silinebilecektir. Böylelikle yanlış oluşturulan taleplerin akademisyende kalması engellenmiş olacaktır. Talep oluşturma işlemi tamamlandıktan sonra ilgili akademisyene gelen referans mektubu isteği ilk olarak değerlendirme aşamasına ulaşmıştır. Bu aşamada sadece gelen talebin kimden ve ne sebeple geldiği ilgili akademisyen tarafından okunmuştur. Bu ilk değerlendirme sürecinden sonra gelen isteği olumlu veya olumsuz değerlendirme süreci Şekil 12'de yer almaktadır. Modelin otomatik olarak oluşturduğu tekil mektup numarası ile birlikte akademisyen bu talebi olumlu değerlendirip bir sonraki aşamaya gönderebilmek ile birlikte gerekçesiyle birlikte reddedip süreci bu basamakta sonlandırma yetkisine sahip bulunmaktadır.

Şekil 12. Tavsiye mektubu onaylama veya reddetme işlemi (Recommendation approval or rejection process)

Yukarıdaki görselde akademisyen talebi olumlu olarak onaylamış ve bir sonraki sürece geçmesini sağlamıştır. Şekil 13'de başarılı bir onay işleminin gerçekleştiği görülmüştür.

Şekil 13. Tavsiye mektubu talebi onaylama işlemi
(Letter of recommendation request approval process)

Mektubun akademisyen tarafından yapılacak son işlemi ilgili öğrencinin talebine istinaden referans mektubu eklenmesi işlemi oluşturmaktadır. Daha önce modelin oluşturduğu tekil mektup numarası ile IPFS sistemine yüklenen referans dokümanı sonrasında alınan hash değeri ile birlikte akıllı sözleşme aracılığı ile blok zinciri ağına referans talebine ait adres ile eklenmiştir. Tavsiye mektubu ile ilgili verdiği belgeyi değiştirmek isteyen akademisyen bu işlemi yeni yüklenen belge numarası ile gönderilen firma veya kurum mektubu okumaması şartı ile yapabilecektir.

Talep kontratına ait işlemler akademisyenin IPFS'ten türetilen mektup belge numarasının eklenmesiyle sonlanmış ve alıcı kuruma ilgili mesaj uyarısı ulaşarak sürecin bir sonraki aşaması olan alıcı kurumun tavsiye mektubunu okuma aşamasına geçmiştir.

4.1.3. Tavsiye Mektubu Okuma İşlemi

Akademik tavsiye mektubu modelinin son aşamasını ilgili alıcı kurumun referans mektubunu okuduğu aşama oluşturmaktadır. Mektubun öğrenci tarafından ilk aşamada tanımlandığı alıcı kurum veya üniversiteler bu işlemi yapmaya yetkilidirler. Talep okuma kontratı üzerinden alıcı kurum kendisine gönderilen referans mektubunu ilgili tekil numarası ile okuma işlemini gerçekleştirmiştir.

Yetkili ve mektubun gönderildiği alıcı kurum tarafından işlem gerçekleştirildiğinde başarılı işlem gerçekleştirilmiş ve IPFS aracılığı ilgili doküman yüklenmiş ve okunmuştur. Tavsiye mektubu bu aşama ile birlikte ilgili referans talebi için sona ermiştir. Blok zincirin doğası gereği bu talep akademisyen ve alıcı kurum tarafında her zaman görülebilecek ve belli bir son tarihe sahip olmayacaktır.

4.1.4. İşlemlerin Performans Analizi (Performance Analysis of Process)

Bu bölümde modelde kullanılan akıllı sözleşmelerde yer alan fonksiyonların işlem bazında gas maliyetleri incelenmiştir. Ethereum blok zinciri ağında gas adı ile bilinen dahili ölçüm değişkenleri mevcuttur. Gas maliyeti blok zinciri üzerinde gerçekleştirilen işlemlerde algoritmik olarak tanımlanmış yürütme maliyeti olarak ifade edilmektedir. Akıllı sözleşmelerde yer alan işlemlerde algoritmik karmaşıklık ne kadar fazla ise gas maliyeti de o kadar yüksek olmaktadır [33]. Diğer bir ifade ile Ethereum

ağındaki işlemi gerçekleştirebilmek için madenci tarafından tahsil edilecek kripto para birimi miktarını ölçen birimdir [34].

Testlerde Ganache blok zinciri kullanılmıştır. Ganache 10 farklı hesap ve 100 birim ether ile gelmekte olup işlemler için ağda hızlı bir şekilde bloklar oluşturarak uzun bekleme süresine gerek bırakmamıştır [35]. Yerel Ganache sunucusunda gas birim fiyatı 20 Gwei olarak alınmıştır. Ethereum fiyatları değişkenlik gösterdiğinden 12.07.2022 tarihi itibarı ile döviz kuru bilgilerine göre güncel durum Ethereum Gas Station sitesi üzerinden alınmıştır [36]. Şekil 14'te yer alan işlem maliyetleri testler sırasında Remix IDE tarafından çıktı olarak sunulmuştur. Alınan bu maliyet değerleri Gwei cinsinden olup önce Ether değerine çevrilmiş ve daha sonra döviz kurları ile gerekli çevirmeler yapılmış olup Türk lirası değerleri bulunmuş ve Tablo 3'te gösterilmiştir. Bazı işlemler algoritmik karmaşıklıklarından dolayı daha yüksek maliyetli çıkmıştır. İlgili maliyet ücretlerinin sahipleri her bir işlem için belirtilmiştir.

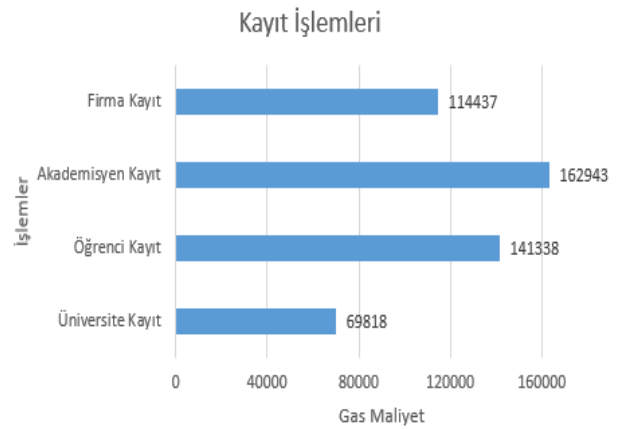
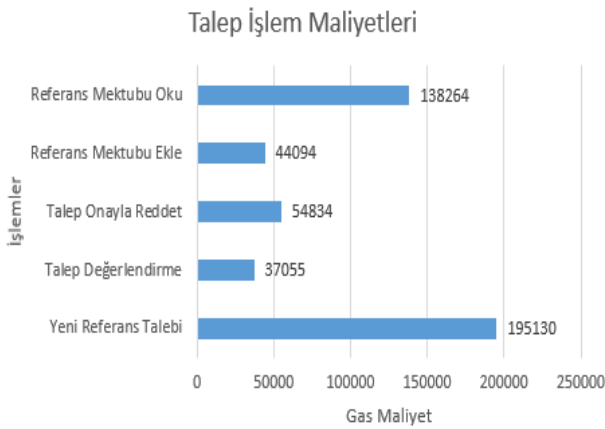
Tablo 3'te görüldüğü üzere, bir referans sürecinde yer alan tüm işlemlerin baştan sona 12.07.2022 tarihli kripto ve döviz kurları ile hesaplama yapıldığında yaklaşık 17 Türk lirası (TL) gibi bir toplam tutar oluştuğu görülmüştür.

Tablo 4'te çalışmamızda önerilen çözüm diğer literatürdeki benzer modeller ile karşılaştırılmaktadır. Tabloda yer alan üniversitelerde hali hazırda kullanılan akademik referans mektubu iletimi merkezi sunucular üzerinde yapıldığı için blok zinciri, akıllı sözleşme ve izlenebilirlik gibi avantajlara sahip bulunmamaktadır. Blok zinciri ile geliştirilen modellerin bazılarında dağıtık belge saklama ortamı kullanılmadığı, bazılarında süreçlerde yer alan işlemlere ait maliyet analizi gerçekleştirilmediği görülmektedir. Blok zinciri ile tasarlanan modeller izlenebilirlik, akıllı sözleşme ve merkezizetsizlik özelliklerine sahip bulunmaktadır [37].

Önerdiğimiz çözüm blok zinciri, akıllı sözleşme ve izlenebilirlik özelliğinin yanı sıra maliyet analizi ve açık kaynak kodlu olarak paylaşılması ile öne çıkmaktadır.

Tablo 3. İşlem bazında ethereum işlem maliyetleri
(Ethereum transaction costs by transaction)

İşlem Adı	Ethereum İşlem Maliyeti (TL)	Maliyet Sahibi
Kurum Kayıt	1.30	Kamu Kurumu Kaydeden Paydaş
Akademisyen Kayıt	3.04	Üniversite
Öğrenci Kayıt	2.68	Üniversite
Firma Kayıt	2.14	Kamu Kurumu Kaydeden Paydaş
Yeni Referans Talebi	3.65	Öğrenci
Talep Değerlendirme	0.69	Akademisyen
Talep Onayla Reddet	1.02	Akademisyen
Referans Mektubu Ekle	0.82	Akademisyen
Referans Mektubu Oku	2.58	Üniversite veya Firma



Şekil 14. Gas işlem maliyetleri (Gas transaction costs)

Tablo 4. Önerilen çözümün benzer çalışmalar ile karşılaştırılması (Comparison of proposed solution with similar studies)

Özellik	MIT	Stanford	Harvard	CALTECH	Cambridge	ODTÜ	Boğaziçi	Rahman ve Ark. (2021)	Marella ve Vijayan (2020)	Kurnavat (2020)	Taha ve Zakaria (2020)	Alabduljabbar (2021)	Önerdiğimiz Çözüm
Blok zinciri	X	X	X	X	X	X	X	√	√	√	√	X	√
Akıllı Sözleşme	X	X	X	X	X	X	X	√	√	√	√	X	√
Dağıtık Dosya Kayıt	X	X	X	X	X	X	X	√	X	X	X	X	√
Maliyet Analizi	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	√	X	√
İzlenebilirlik	X	X	X	X	X	X	X	√	√	√	√	X	√
Merkezi olmayan Sunucu	X	X	X	X	X	X	X	√	√	√	√	X	√
Açık Kaynak Kodlu	X	X	X	X	X	X	X	X	√	X	X	X	√
Kimlik doğrulama ve yetkilendirme	√	√	√	X	√	√	√	X	X	X	X	X	√

4.2. Tartışma (Discussion)

Çalışma kapsamında önerilen modelimizde akademik tavsiye mektubu sistemi blok zinciri tabanlı olarak dağıtık, izlenebilir ve değiştirilemez yapıda geliştirilmiştir. Bütün iş kurallarının Ethereum blok zinciri ağına akıllı sözleşmeler tarafından çalışacak şekilde yüklendiği sistem baştan sona kadar örnek bir senaryo ile test edilmiş ve doğrulanmıştır. Maliyet analizi de gerçekleştirilmiş ve Tablo 3'te görüldüğü üzere toplam maliyetin oldukça düşük olduğu görülmüştür. Tavsiye mektubu başına oluşan maliyetin düşük olduğu belirtilmiş olsa da bir öğrencinin talep edeceği birden çok sayıda tavsiye mektubu ile birlikte kendisine çıkacak olan maliyetinde az bir artış olacağı gerçektir. Aynı durum akademisyen ve sistemi kullanan diğer paydaşlar için de geçerlidir. Belirli aşamalarda bazı kamusal teşvikler ile bu dezavantajlı görülebilecek durumun, blok zincirinin sağladığı güvenli ve şeffaf altyapı ile sunduğu avantajlarının daha baskın olacağı ve sistemin yaygın olarak kullanılmasında olumsuz bir durum oluşturmayacağı düşünülmektedir.

Önerdiğimiz modelde yer alan paydaşlar, işlemlerini blok zinciri teknolojisinin de sunduğu avantajlar ile güvenli ve merkezileşmiş olarak gerçekleştirebilmektedir. Referans talep eden üniversiteler, kamu ve özel kurumlar arasında literatür bölümünde de değinildiği üzere referans mektubu süreçlerinde ortak kabul görmüş standart bir işleyişin olmadığı görülmüştür. Günümüzde halen pek çok iş, eğitim ve staj başvurularında referans mektubu talep edildiği

düşünüldüğünde önerdiğimiz modelin global ölçekte mevcut farklı aşamaları standart bir hale getirebileceği öngörülmektedir. Bu sebeple geliştirdiğimiz çalışma akademik referans mektubu süreçlerini iyileştirmektedir.

Blok zincirin sunduğu global ölçekte dağıtık veri tabanı ile merkezi sunucularda yaşanabilecek kesintilerin ve veri kayıplarının önüne geçme imkânı sağlayacaktır. Akademik ölçekte ele alınmış kapsamda incelenen çalışma akademik olmayan alanlarda ve küresel ölçekte de büyütülebilir ve uygulanabilirliğine sahiptir. Kodlarını açık kaynak olarak sunduğumuz çalışmayı kullanmak isteyen her ülke kendi özel ve kamu kurumlarının sisteme eklenme hiyerarşisine göre akıllı sözleşmeleri kendi iş gereksinimlerine göre güncelleyerek sistemi kolaylıkla kullanabilecektir.

Önerilen sistem akademik tavsiye mektubu aşamalarını öğrenci talebinden ilgili alıcı kuruma kadar ulaşmasını blok zinciri tabanlı dağıtık uygulama ile gerçekleştirmektedir. Bununla birlikte akademik olmayan kişilerden de kayıt sürecindeki işlemlerdeki değişikliklerle tavsiye mektubu alınabilecek hale getirilebilir. Referans iş akışının dışında, bir talebin alınıp ilgili kişiye ulaştırılması ve yetkili kişinin gerekli belgeyi ekleyip bir sonraki ilgili kişi veya kurumlara ulaştırılması sürecine sahip bütün sektörlerde kolaylıkla kullanılabilir. İlgili kişi tarafından talep edilen bir belge veya doküman yetkili ve ağda kayıtlı herhangi bir yetkili kişi veya kurum tarafından IPFS aracılığı ile blok zinciri ağına sadece hash değeri tutularak global ve hızlı bir şekilde erişimi sağlanabilir. Bu nedenle

dünyanın her ülkesinde yer alan yükseköğrenim kurumları, üniversiteler, akademisyenler, öğrenciler, kamu ve özel kurumları bu geliştirilen modeli kullanarak ilgili süreçlerini güvenli, izlenebilir, dağıtık ve güvenli hale getirebilir.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Bu makalede akademik tavsiye mektubundaki mevcut süreçlerde yer alan sorunlardan bahsedilmiş ve blok zinciri tabanlı akademik tavsiye mektubu modeli önerilmiştir. İş, staj ve eğitim başvuruları için sıklıkla öğrencilerden talep edilen bir aşama olarak akademik referans mektubu mevcut durumda belli bir standartı olmayan, fiziksel veya merkezi uygulama sunucularında dijital olarak saklanmaktadır. Önerdiğimiz model ile dağıtık olarak, izlenebilir, değiştirilemez ve küresel ölçekte genişletilebilir şekilde ve süreçlerdeki zaman kayıplarını en aza indireyecek şekilde tasarlanmıştır. Ethereum ağında geliştirilen sistem, Remix çevrim içi ortamı kullanılarak geliştirilmiş ve test edilmiştir. Belge ve doküman yüklemek için IPFS dağıtık dosya paylaşım sistemi kullanılmıştır. Geliştirilen akıllı sözleşmelerin kodları açık kaynakları olarak paylaşılmıştır. Mevcut olarak bazı önde gelen üniversitelerde kullanılan referans mektubu süreçleri ve blok zinciri tabanlı olarak tasarlanan diğer benzer çalışmalarla önerilen model karşılaştırılmıştır. Gelecekteki çalışmalarda akademik olmayan yani akademisyenler haricinde paydaşlar tarafından da belge ve doküman eklenebilir blok zinciri tabanlı uygulama modeli geliştirmelidir. Ayrıca test ortamında geliştirilen model gerçek Ethereum ağında uygulanma ve kullanıcı dostu önyüz uygulaması eklenerek tam bir web uygulaması olarak geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] B. T. Loher, J. T. Hazer, A. Tsai, K. Tilton, and J. James, "Letters of reference: A process approach", *Journal of Business and Psychology*, 11(3), 339-355, 1997.
- [2] S. H. Peres, J. R. Garcia, "Validity and dimensions of descriptive adjectives used in reference letters for engineering applicants", *Personnel Psychology*, 15(3), 279-286, 1962.
- [3] M. R. Anderson-Rowland, J. E. Sharp, "Helping Students (and ultimately faculty) write an effective recommendation letter", **38th Annual Frontiers in Education Conference**, New York, USA, 9-13, 2008.
- [4] P. Akos, J. Kretchmar, "Gender and Ethnic bias in Letters of Recommendation: Considerations for School Counselors", *Professional School Counseling*, 20(1), 102-113, 2016.
- [5] J. H. Kong, L. J. Steele, C. M. Botham, "Ten simple rules for writing compelling recommendation letters", *PLOS Computational Biology*, 17(2), 1-6, 2021.
- [6] J. Zarrin, H. Wen Phang, L. Babu Saheer, B. Zarrin, "Blockchain for decentralization of internet: prospects, trends, and challenges", *Cluster Computing*, 24(4), 2841-2866, 2021.
- [7] Internet: Could You Spot a Fake Employment Reference?, <https://www.socialtalent.com/blog/recruiting/fake-references>, 31.10.2022
- [8] S. Nakamoto, Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>, 2008.
- [9] P. C. Franks, "Implications of blockchain distributed ledger technology for records management and information governance programs", *Records Management Journal*, 30(3), 2020.
- [10] T. T. A. Dinh, R. Liu, M. Zhang, G. Chen, B. C. Ooi, J. Wang, "Untangling Blockchain: A Data Processing View of Blockchain Systems", *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 30(7), 2018.
- [11] M. A. Benatia, V. E. De Sa, D. Baudry, H. Delalin, P. Halftermeyer, "A framework for big data driven product traceability system", **4th International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing**, Sousse, Tunisia, 1-7, 2018.
- [12] P. K. Patro, R. W. Ahmad, I. Yaqoob, K. Salah, R. Jayaraman, "Blockchain-Based Solution for Product Recall Management in the Automotive Supply Chain", *IEEE Access*, 9, 167756- 167775, 2021.
- [13] K. Salah, M. H. U. Rehman, N. Nizamuddin, A. Al-Fuqaha, "Blockchain for AI: Review and open research challenges", *IEEE Access*, 7, 10127-10149, 2019.
- [14] Internet: Global 2000 List By The Center For World University Ranking, <https://cwur.org/2021-22.php>, 31.10.2022
- [15] Internet: Letters of recommendation, <https://mitadmissions.org/apply/firstyear/letters-of-recommendation>, 16.07.2022.
- [16] Internet: Interfolio's Dossier to manage and send out recommendation letters. <https://www.interfolio.com/products/dossier>, 12.07.2022.
- [17] Internet: Cambridge: Application Process, <https://www.postgraduate.study.cam.ac.uk/application-process>, 16.07.2022.
- [18] Internet: Letters of Recommendation, <https://admission.stanford.edu/apply/transfer/evals.html>, 16.07.2022.
- [19] Internet: Letters of Recommendation, <https://www.gse.harvard.edu/admissions/faq/letters-recommendation>, 13.07.2022.
- [20] Internet: Application Requirements, <https://www.gradoffice.caltech.edu/admissions/checklist>, 14.07.2022.
- [21] Internet: Graduate Program Applications, <https://fbe.metu.edu.tr/en>, 18.07.2022.
- [22] Internet: Executive and Other Graduate Programs Application, http://adaylar.boun.edu.tr/en-EN/Page/Admissions/II_Education/All, 17.07.2022.
- [23] S. A. Raza, W. Qazi, K. A. Khan, J. Salam, "Social Isolation and Acceptance of the Learning Management System (LMS) in the time of COVID-19 Pandemic: An Expansion of the UTAUT Model", *Journal of Educational Computing Research*, 59(2), 183-208, 2021.

- [24] E. C. K. Cheng, T. Wang, "Institutional Strategies for Cybersecurity in Higher Education Institutions", *Information*, 13(4), 192, 2022.
- [25] Internet: Bluevoyant. Cybersecurity in Higher Education Report. BlueVoyant. <https://www.bluevoyant.com/resources/cybersecurity-in-higher-education>, 31.10.2022
- [26] K. Beaudin, "The Legal Implications of Storing Student Data: Preparing for and Responding to Data Breaches", *New Directions for Institutional Research*, 2016(172), 37-48, 2017.
- [27] M. Rahman, H. Sultana, S. Paul, N. Mobtashim, "Online Recommendation Letter Verification Using Blockchain Technology", *International Journal of Scientific & Technology Research*, 10(9), 80-85, 2021.
- [28] V. Marella, A. Vijayan, "Document verification using blockchain for trusted CV information", **26th Americas Conference on Information Systems**, Utah, USA, 1-10, 2020.
- [29] N. Kumavat, "Certificate Verification System using Blockchain", *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 7, 53-57, 2019.
- [30] A. Taha, A. Zakaria, "Truver: A blockchain for verifying credentials: Poster", **Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing**, New York, USA, 346-348 2020.
- [31] R. Alabduljabbar, "Development of a System to Manage Letters of Recommendation", *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 12(1), 2021.
- [32] B. Yu, P. Zhan, M. Lei, F. Zhou, P. Wang, "Food Quality Monitoring System Based on Smart Contracts and Evaluation Models", *IEEE Access*, 8, 12479-12490, 2020.
- [33] A. Donmez, A. Karaivanov, "Transaction fee economics in the Ethereum blockchain", *Economic Inquiry*, 60(1), 2022.
- [34] M. M. A. Khan, H. M. A. Sarwar, M. Awais, "Gas consumption analysis of Ethereum blockchain transactions", *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 34(4), 2022.
- [35] E. Karataş, "Developing Ethereum Blockchain-Based Document Verification Smart Contract for Moodle Learning Management System", *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 11(4), 399-406, DOI: 10.17671/gazibtd.452686, 2018.
- [36] Internet: Ethereum Gas Station, Recommended priority fee in Gwei, <https://ethgasstation.info>, 07.07.2022.
- [37] O. Ali, A. Jaradat, A. Kulakli, A. Abuhalmeh, "A Comparative Study: Blockchain Technology Utilization Benefits, Challenges and Functionalities", *IEEE Access*, 9, 12730-12749, 2021.