

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ İNŞAAT FAKÜLTESİ

TAŞINMAZ YÖNETİMİNDE BLOKZİNCİR UYGULAMALARI

LİSANS TASARIM PROJESİ

**010170561
Aykut KIRLI**

Geomatik Mühendisliği

**Tez Danışmanı:
Prof. Dr. Tahsin YOMRALIOĞLU**

Haziran, 2022

ÖNSÖZ

Bu bitirme projesi çalışması kapsamında blokzinciri teknolojisinin taşınmaz sektörüyle olan ilişkisi incelenmiştir. Böyle bir konuda bitirme çalışmamı yapmamı sağlayan ve süreç boyunca yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Tahsin Yomralıoğlu ve Araş. Gör. Muhammed Oğuzhan Mete'ye teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2022

Aykut KIRLI
Geomatik Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	iv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÖZET.....	vii
SUMMARY	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Genel Bilgiler	1
1.2 Problemin Tanımı.....	3
1.3 Çalışmanın Amacı	5
1.4 Metodoloji	6
1.5 Literatür Taraması	8
2. KAVRAMLAR.....	16
2.1 Blokszincir İle İlgili Temel Kavramlar.....	16
2.2 Taşınmaz İle İlgili Temel Kavramlar	20
3. YAPILAN ÇALIŞMALAR	23
4. BULGULAR.....	46
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	48
KAYNAKLAR	51
EKLER.....	53

KISALTMALAR

3B	: 3 Boyutlu
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
GSYH	: Gayri Safi Yurt içi Hasılatı
NFT	: Non Fungible Token
TG	: Ticari Gayrimenkul

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Güncel tapu sistemi süreci ile akıllı sözleşme arasındaki eşleştirme....25

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 3.1 : Blokzincir taşınmaz kaydı modeli.....	24
Şekil 3.2 : Veri bloğu modeli.....	25
Şekil 3.3 : Taşınmaz kaydı yönetim sisteminin kullanım durumu diyagramı.	27
Şekil 3.4 : Remix IDLE kullanılarak yazılan 1. akıllı kontratın tamamı.....	28
Şekil 3.5 : Akıllı sözleşme dağıtım ayarlarının ekran görüntüsü.....	28
Şekil 3.6 : Taşınmaz transferinin gerçekleşmesinden önce fonksiyonların çağırılması.	30
Şekil 3.7 : Akıllı sözleşme dağıtım ayarlarının ekran görüntüsü. Satış için uygunluğun “false” olarak dönmesi.	31
Şekil 3.8 : Akıllı sözleşme dağıtım ayarlarının ekran görüntüsü. Satış için uygunluğun “true” olarak dönmesi.	32
Şekil 3.9 : Akıllı sözleşmenin başarıyla dağıtıldığını gösteren çıktı.	33
Şekil 3.10: Gerçekleştirilen 2. akıllı kontrat için iş akışı diyagramı.	35
Şekil 3.11: Akıllı sözleşme dağıtım ayarlarının ekran görüntüsü.....	38
Şekil 3.12: Akıllı sözleşmenin başarıyla dağıtıldığını gösteren çıktı.	39
Şekil 3.13: Taşınmaz transferinin gerçekleşmesinden önce fonksiyonların çağırılması.	40
Şekil 3.14: Taşınmaz transferinin ardından cüzdanlarda bulunan ether miktarının ekran görüntüsü.	41
Şekil 3.15: Taşınmaz transferinin gerçekleşmesinden sonra fonksiyonların çağırılması.	42
Şekil 3.16: Remix IDLE arayüzü kullanılarak yazılan 2. akıllı kontrat örneğinin 1.kısım.	43
Şekil 3.17: 2. akıllı kontrat örneğinin 2. kısmı.	44
Şekil 3.18: 2. akıllı kontrat örneğinin 3. kısmı.	45
Şekil 3.19: 2. akıllı kontrat örneğinin 4. kısmı.	45

TAŞINMAZ YÖNETİMİNDE BLOKZİNCİR UYGULAMALARI

ÖZET

Taşınmaz varlıkları diğer varlıklarından farklı bir varlık sınıfıdır. Taşınmaz işlemlerinde büyük meblağlar ortada olduğu için güvenilir 3.kişi olarak aracı kurumlara ihtiyaç duyulur. Taşınmaz işlemlerinde aracı kurumlar devreye girdiği için maliyet artarken, sürecin gerileme hızı da tarafların fiziksel belge toplaması gibi nedenlerden dolayı yavaşlamasıyla birlikte zaman de insan kaynaklı hataların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Aynı zamanda taşınmaz kayıtlarının farklı sistemlerde ya da dosyalar halinde tutulmasından dolayı şeffaflık ve verimlilik eksikliği oluşurken, mülkiyet hakkının güvenilirliği ve doğruluğuyla ilgili problemler yaşanabilmektedir.

Blokzincir, veri tabanını koruyan ve depolayan merkezi bir üçüncü tarafın olmadığı bunun yerine verinin bir ağ üzerinden dağıtıldığı ve işlemleri doğrulamak için bir fikir birliği mekanizması kullanıldığı, merkezi olmayan bir veri tabanıdır. Blokzincir üzerindeki işlemler herkes tarafından görüntülenebilir. Blokzinciri merkezi bir sistem olmadığı için tamamen kapatılamaz, kontrolü bırakamaz ve onaylanan işlemler iptal edilemez. Blokzincir teknolojisi, aracıları, eşler arası işlem araçlarıyla değiştirebildiği için gayrimenkul sektörünü de derinden etkileyebileceği düşünülmektedir.

Gerçekleştirilen çalışma, mevcut gayrimenkul yönetimi sürecini analiz ederek ve blokzinciri teknolojisinin özellikleri ve uygulamaları hakkında bilgi edinerek gerçekleştirilen literatür taramasının da yardımıyla birlikte taşınmaz yönetiminde hangi aşamalarında blokzinciri teknolojisinden yararlanabileceğini araştıracaktır. Blokzinciri teknolojisini taşınmaz yönetim sürecine entegre etmek için farklı olasılıkları keşfetmeye odaklanacaktır. Çalışmanın daha iyi anlaşılabilmesi için blokzincir ve taşınmaz ile ilgili kavramlar açıklanmıştır. Yapılan araştırmalar ve çalışmalar sonucunda taşınmaz transferi ve kaydını blokzincir üzerinde gerçekleştirebilmek için Ethereum ağı kullanılarak solidity yazılım dili aracılığıyla, sanal ortamda 2 adet akıllı kontrat yazılmıştır. Akıllı kontratlar aracılığıyla gerçekleştirilen taşınmaz işlemleri blokzincire aktararak merkeziyetsizlik kazanmıştır.

Geleneksel sistemlerin aksine arazi transferi ve kaydı manuel olarak değil, akıllı sözleşmeler yardımıyla gerçekleşmiştir. İşlemlerin doğruluğu blokzincirde konsensüs algoritmaları aracılığıyla sağlanır. Akıllı sözleşme, herhangi bir aracı olmaksızın bir mülkün alıcısı ve satıcısı arasında doğrudan eşler arası işlemlere izin verir. Taşınmaz yönetiminde akıllı kontrat kullanımıyla birlikte aracılardan azalmasıyla, zaman ve maliyet açısından kazanç sağlanırken işlem yapan taraflar arasında da güven inşa edilir. Verilerin ve mülkiyet hakkının güvenliği artarken, yaşanan sahtekarlıklar da azalır.



BLOCKCHAIN APPLICATION IN REAL ESTATE MANAGEMENT

SUMMARY

Immovable assets are an asset class that is different from the other asset class. Since there are large amounts in real estate transactions, brokerage firms are needed as reliable third parties. While the cost increases due to the involvement of intermediary institutions in real estate transactions, the speed of realization of the process slows down due to reasons such as the parties' collection of physical documents, and sometimes causes human-induced errors to occur. At the same time, due to the fact that real estate records are kept in different systems or in files, there is a lack of transparency and efficiency, and there may be problems with the reliability and accuracy of the property right.

Blockchain is a decentralized database where there is no central third party protecting and storing the database, but instead data is distributed over a network and a consensus mechanism is used to validate transactions. Transactions on the blockchain can be viewed by anyone. Since the blockchain is not a centralized system, it cannot be shut down completely, cannot relinquish control, and confirmed transactions cannot be cancelled. Blockchain technology is thought to have a profound impact on the real estate industry, as it can replace intermediaries with peer-to-peer transaction tools.

The study will analyze the current real estate management process and learn about the features and applications of blockchain technology, along with the help of the literature review, at which stages of real estate management can benefit from blockchain technology. It will focus on exploring different possibilities for integrating blockchain technology into the real estate management process. In order to better understand the study, the concepts of blockchain and real estate are explained. As a result of the researches and studies carried out, 2 smart contracts were written in the virtual environment through the solidity software language using the Ethereum network in order to be able to transfer and register the real estate on the blockchain. Real estate transactions realized through smart contracts have been transferred to the blockchain, thus gaining decentralization.

Unlike traditional systems, land transfer and registration was not done manually, but with the help of smart contracts. The accuracy of transactions is ensured through consensus algorithms in the blockchain. The smart contract allows direct peer-to-peer transactions between the buyer and seller of a property without any intermediaries. With the use of smart contracts in real estate management, the role of intermediaries is reduced, saving time and cost and building trust between the transacting parties. The security of data and property rights increases, while frauds are reduced.

1. GİRİŞ

Gayrimenkul yönetiminde farklı ürün ve hizmetler, yenilikçi iş modelleri, farklı pazar stratejileri ve yenilikçi yönetim biçimlerinin uygulanması, gayrimenkullerin değerini değiştirmektedir (Veuger, 2017).

Emlak piyasası tüm ekonomi için son derece önemli bir piyasadır. Finansal sistemin zayıf olması ve ülkelerin gayrimenkul sektörüyle çok yakından bağlantılı olması durumunda, finansal krizin genellikle gayrimenkul krizinden ortaya çıktığı ileri sürülmektedir. Ayrıca, emlak krizinin genellikle mali krizlere neden olduğu ve bu mali krizlerinde makroekonomik krizleri oluşturduğu görülmüştür (Corluka ve Lindh, 2016). Bu nedenle, bir ülkenin iyi işleyen bir emlak piyasasına sahip olması önemlidir.

1.1 Genel Bilgiler



Blokszincir, **verita banını** koruyan ve depolayan merkezi bir üçüncü tarafın olmadığı bunun yerine verinin bir ağ üzerinden dağıtıldığı ve işlemleri doğrulamak için bir fikir birliği mekanizması kullanıldığı, merkezi olmayan bir veri tabanıdır. En ünlü blokszincir uygulaması olan Bitcoin, Satoshi Nakamoto tarafından eşler arası dijital para birimi transferini mümkün kılacak bir teknoloji olarak geliştirilmiştir. Blokszincir üzerindeki işlemler herkese açıktır ve herkes tarafından görüntülenebilir. Blokszincir, sürekli olarak eklenen işlem kayıtları veya yürütülebilir kod ve program gibi veri kayıtlarının listesidir. Veriler işlenir ve bloklar halinde zincire eklenir. Blokszincirini oluşturan blokların oluşabilmesi, ağdaki düğümler tarafından oy birliğinin sağlanmasıyla gerçekleşir. Blokszincirdeki verilerin tüm kopyası ağa katılan düğümler tarafından kaydedilebilmektedir. İsteyen herkes blokszinciri üzerindeki verilere erişerek yapılan işlemleri inceleyebilmektedir. Eşler arasında, aracılara ihtiyaç duymadan işlemlerin gerçekleşmesinde, dijital imza ve kriptografik doğrulamalar kullanılmaktadır. Blokszinciri merkezi bir sistem olmadığı için tamamen kapatılamaz, kontrolü bırakamaz ve iptal edilemez. Blokszinciri ile birlikte kullanıcıların anonimliği sağlanabilmektedir. Aracılar arasında gerçekleşen transferlerde, işlem ücretleri düşük miktardadır. Blokszincirde iş ispatı gibi mutabakat mekanizmalarının kullanılması

dolayı yüksek miktarda enerji harcanır. Harcanan enerji ile birlikte işlemleri doğrulayan, dağıtık ağda görev yapan düğümler, teşvik mekanizması ile ödül elde etmektedir (Tanrıverdi, Uysal ve Üstündağ, 2019). Finans dünyası ve diğer alanlarda birçok yenilikler getiren blokzincir kavramı küresel ekonomik krizin olduğu dönemde ortaya çıkmıştır. Bitcoin, yıllar geçtikçe büyük değer kazanmıştır ve bu değer artışı Bitcoin'in arkasındaki teknoloji olan blokzincir kavramı üzerindeki ilgiyi arttırmıştır. Geçmişten günümüze devlet kurumları, teknoloji şirketleri ve önde gelen bankalar, blokzincir teknolojisini geliştirerek kendi sistemlerine entegre edebilmek için çalışmalar ve araştırmalar yapmaktadır. Blokzincir teknolojisi ödeme yöntemleri, para transferleri, dijital kimlik yönetimi, doğrulama, doküman yönetimi gibi finansal işlemlerde kullanılabilmektedir. Kamu sektöründe ise oylama, enerji dağıtımı, vergi sistemi, sosyal güvenlik sistemi gibi alanlar için kullanılan blokzincir teknolojisinin en önemli kullanım alanlarından birisi de akıllı sözleşmelerdir. Blokzincir birçok işlemi ve çok sayıda farklı endüstriyi hızlı, ucuz ve güvenli hale getirerek sektörleri yeniden tanımlama potansiyeline sahiptir (Ünsal ve Kocaoğlu, 2018).

Mülkiyet hakkı insanların sahip olduğu temel haklardan biridir. Mülkiyet hakkı sayesinde kuvvetli olanın haklı olması durumu ortadan kalkmıştır. Her bir vatandaş kendi mülkiyet hakkı hakkında her türlü bilgiye şeffaf bir şekilde sahip olmayı ve devletin de bu hakkı korumasını beklemektedir. Kadastronun var olma nedeni ise taşınmaz varlıklarının mülkiyet haklarını sağlamasıdır. Kadastronun var olma nedeni ise taşınmaz varlıklarının mülkiyet haklarını sağlamasıdır. Kadastro kamu tarafından yönetilen bir arazi bilgi sistemidir.

Kadastral kayıtlar, metin ve grafiklerden oluşabilmektedir. Tapu kütüğünde, parselin yüzölçümü, üzerindeki ayni haklar, mevki, parselin pafta ve ada numarası gibi mülkiyet haklarını gösteren hukuki bilgiler bulunur. Günden güne toplumlar geliştikçe, mülkiyet işlemleri daha önemli olmuştur ve kadastro kayıtları da önemli roller almaya başlamıştır. Teknolojinin gelişmesiyle kamu yönetimi düzenlemeleri, mülkiyet ve arazi mevzuatı düzenlemeleri ve geleneksel mülkiyet düzenlemeleri gibi faaliyetler kadastronun yönetimini ve formatını etkileyecek faktörlerden bazılarıdır.

Kadastronun topluma olan yararlarına değinmek gerekirse. Kadastronun sağladığı mülkiyet sahipliği kanıtı, taşınmazların yatırım değerini artırır. Sağladığı yasal güvence ile birlikte bireylere banka ve diğer kurumlardan kaynak elde edebilme imkânı verir. Kadastro sistemi ile taşınmaz alımı ve satımının güvenli bir şekilde

gerçekleşir. Aynı zamanda kadaastro sistemi ile birlikte mülkten daha fazla yarar sağlama bilinci ortaya çıkar ve gayrimenkul yatırım ekosistemi gelişir (Yomralıoğlu, 2021). Taşınmazlar insanların ihtiyaçlarını yeterli bir şekilde karşılayabildiği takdirde kıymet kazanan bir varlık olması nedeniyle farklı teknolojilerle geçirdiği etkileşim sonucunda daha çok değer kazanacaktır (Sezer, 2019).

2015 Dünya Ekonomik Formu anketine göre, ankete katılanların %57,9'u 2025 yılına kadar küresel GSYİH'nin %10'unun blokzinciri teknolojisinde depolanacağına inanmaktadır. Bu teknoloji, gayrimenkul endüstrisinin verimsizlikleriyle ilgilenebilecek bir teknolojidir (Deloitte, 2017). Blokzinciri teknolojisi, taşınmazlar için birçok vaatte bulunur, optimize edilmiş süreçlere izin verir ve araçlar tarafından “bozulan” bir endüstride aracısızlaştırmayı hızlandırır (Ngo, 2016). Blokzincir'in gayrimenkulü dört şekilde dönüştüreceği tartışılmaktadır: Aracısızlaştırma, üçüncü tarafı ortadan kaldırma, dolandırıcılığı önleme ve akıllı sözleşmeler (Dijkastra, 2017).

1.2 Problemin Tanımı

Gayrimenkul, benzersiz ve karmaşık bir varlık sınıfıdır. Gayrimenkul, yüksek işlem maliyetleri, uzun süreli iyileştirmeler, arazi kullanım düzenlemeleri ve talepteki değişikliklere arzın hızlı tepki verememesiyle diğer varlık sınıflarından farklıdır (Brent ve Lusht, 2008). Gayrimenkul varlıklarının iki temel özelliği heterojenliği ve hareketsizliğidir. Bu iki faktör nedeniyle, yerelleşme ve yüksek düzeyde bölümlere ayrılma, özel olarak müzakere edilmiş işlemler ve çok sayıda güvenilir üçüncü tarafın katılımıyla gayrimenkul alım, satım ve kiralama süreçlerinde yüksek işlem maliyetleri gerçekleşmektedir. Gayrimenkul piyasasındaki verimsizlikler şeffaflık, likidite azlığı, yüksek işlem maliyetleri, yavaş işlem süreçleridir (Dijkastra, 2017).

Gayrimenkul alım, satım ve kiralama işlemlerinde, doğru bir şekilde tedarik etmenin hiç kolay olmadığı birtakım belgelere ihtiyaç duyulması, randevu saatinde tapu dairesinde bulunulması, sözleşmelerde pürüzlerin ortaya çıkabilmesi ve bu pürüzlerin giderilebilmesi için de avukatlara fazla para harcanması, kâğıt üzerinde gerçekleşen sözleşmelerin saklanmasıyla depolama ve dosyalama masraflarının oluşması gerçekleşen sorunlardan bazılarıdır (Sezer, 2019).

Şeffaflığa yönelik artan talebe yanıt olarak, teknolojiye ileriye adımlar, bilgilerin bir kısmının kademeli olarak kamuya açık hale getirilmesi gerektiğini ortaya

çıkarmaktadır. Bununla birlikte, sayısallaştırılmış taşınmaz bilgilerinin önemli bir kısmı farklı sistemlerde barındırılmaktadır. Bu durum da şeffaflık ve verimlilik eksikliğini ortaya çıkarırken, dolandırıcılık için büyük bir potansiyel yaratabilecek hatalara neden olmaktadır. Tapu kayıtlarının dosyalar üzerinde tutulmasından ve apartman daireleri gibi yerlerde saklanmasından dolayı mülkiyet hakkı ile ilgili de problemler yaşanabilmektedir. Mülkiyet hakkıyla ilgili problemler için birçok dava açılmakta ve bu problemlerin çözülmesi için zaman harcanmaktadır ve masraflar oluşmaktadır. Tapu kayıtlarının şeffaf ve güvenle saklanabilirliği politik baskılar, rüşvet ve afet gibi çeşitli durumlar nedeniyle şüpheler oluşturabilirken tapu kayıtlarının güvenilirliği ve doğruluğu tehlikeye girebilmektedir. Aynı zamanda tapu devir işlemleri için üçüncü tarafa güvenilmesi ile insan kaynaklı hatalar meydana gelebilmektedir (Sezer, 2019).

Taşınmazın en büyük problemlerinden birisi de, taşınmazın finansman problemine çözüm olarak getirilen yöntemlerden, kitlesel fonlamanın yeterli derecede kabul görerek kullanılmamasıdır. Taşınmazların ticaretinde likidite problemi yaşanması taşınmazları durağan bir varlık haline getirmektedir. Gayrimenkulde kitlesel fonlama, yatırımcıların aynı ülkeden olmaması, ülke yasalarının gayrimenkul için böyle bir yatırıma izin vermemesi ve taşınmazların kitlesel fonlamaya uygun olmadan pazarlanması gibi nedenlerden dolayı kabul görmemektedir (Sezer, 2019).

Taşınmazların alım satımında oluşturulan sözleşmelerdeki meblağların büyüklüğü nedeniyle birçok madde bulunmaktadır ve sözleşmedeki bu maddeler birbirini bağlamaktadır. Sözleşmeler yazılı olarak saklandığı için sözleşmelerde oluşacak herhangi bir pürüzde hataların manuel olarak düzenlenmesi için büyük bütçeler ve çok fazla zaman harcanmaktadır. Aynı zamanda sözleşmeler kâğıt üzerinde olduğu için kaybolma veya zarar görme gibi ihtimalleri de bulunabilmektedir. Sözleşmenin detaylarını da yalnızca sözleşmenin kopyasına sahip olanlar görebilmektedir (Sezer, 2019).

Taşınmaz marketinde işlem süreçleri uzun ve hantal olma eğilimindedir ve işlem maliyetleri de yüksektir. Kimlik tespitinin fiziksel belgeler ile yapılması ve gayrimenkul belgelerinin farklı veri tabanlarında bulunması, gayrimenkul işlemlerinde sürecin uzamasına neden olmaktadır. Manuel doğrulama süreçlerinin gerçekleşmesi, üçüncü tarafın katılımıyla gerçekleşirken, insan kaynaklı hataların oluşmasına ve maliyetlerin artmasına neden olmaktadır (Seuren, 2018).

Günümüzde emlak ağını oluşturan her bir gayrimenkul şirketi birbiriyle veri alışverişi yapmaktan ziyade kendi veri tabanını oluşturduğu için taşınmaz verileri sisteme işlenirken zaman ve paradan tasarruf edilememektedir. Ortak bir veri tabanı olmadığı için standartlaşmış verilerden uzaklaşılır, bilgilerin güncellenmesi eksik kalır, şeffaflık ve piyasalara erişim azalmaktadır (Don, Rajah, Ott ve Fromm 2019).

1.3 Çalışmanın Amacı

İnternet ile birlikte insanlar, bilgileri hızlı, ucuz ve kağıtsız bir şekilde, araçlar olmadan transfer edebilmektedir. Blokzincir teknolojisi de değer aktarımı ve güven sağlamak için aynı avantajları sunmaktadır. Sözleri ve resimleri aktarmak için internet kullanılmaktadır. Para ve dijital varlıkları, aracısız transfer etmek için de blokzincir platformları kullanılabilir. Günümüzde gayrimenkul sektöründe sadece blokzinciriyle ilgili değil, genel olarak dijital platformların kabulü ve aktif kullanımıyla ilgili olarak da bazı önemli değişikliklere tanık olunmaktadır (Dijkstra, 2017).

Blokzincir teknolojisi araçları, eşler arası işlem araçlarıyla değiştirirken bir mülkün yaşam döngüsü için de kapsamlı bir platform sağlayabilir. Blokzincir ile birlikte tapu sigortası, kadastro büroları, komisyoncular, avukatlar, ev sahibi dernekleri ve çeşitli destek personeli; dijital belirteçler, çoklu imza emanet, akıllı sözleşmeler, zaman damgalı şifreli veriler ile yer değiştirebilir. Bu teknolojinin kullanılmasının ardından gayrimenkul sektöründeki maliyetler ve yaşanan sahtekarlıklar azaltılabilir, işlemleri hızlandırılabilir, finansal gizlilik artırılabilir ve piyasaları uluslararasılaştırırken gayrimenkuller de likit birer varlık haline getirebilir (Ngo, 2016).

Birçok uzmanın görüş ve açıklamaları, blokzincir teknolojisinin araçları, eşler arası işlem araçlarıyla değiştirebileceğini ve gayrimenkul sektörünü derinden etkileyeceğini göstermektedir. Bu nedenle, bu araştırmada yanıtlanması gereken ana araştırma sorusu şudur: Mevcut gayrimenkul yönetimi sürecini iyileştirebilmek için blokzinciri teknolojisinin uygulanmasındaki fırsatlar ve kısıtlamalar nelerdir (Dijkstra, 2017)? Bu araştırma, mevcut gayrimenkul yönetimi sürecini analiz ederek ve blokzinciri teknolojisinin uygulanması hakkında bilgi edinerek, blokzinciri teknolojisini gayrimenkul yönetimi sürecine entegre etmek için farklı olasılıkları keşfetmeye odaklanacaktır. Gayrimenkul yönetiminin hangi aşamalarında blokzinciri teknolojisinden yararlanabileceğini araştıracaktır.

Bu çalışmanın amacı, blokzincir teknolojisinin taşınmaz yönetimindeki potansiyel kullanım alanlarını incelemek ve gayrimenkul sektörünün eksik ya da verimsiz olduğu alanlara neler katabileceğini belirlemektir. İşlem sürelerini azaltma, kaydedilen bilgileri değiştirilemez hale getirme, şeffaflığı sağlama, kontrol mekanizmasını otomatikleştirme gibi özelliklere sahip olan blokzincir teknolojisinin taşınmaz yönetiminin hangi alanlarında kullanılabileceğini irdelemektir.

Tez çalışmasının hedefleri şöyledir:

- Blokzincir teknolojisinin geçmişi, türleri, çalışma şartları ve prensiplerinin açıklanması.
- Blokzincir teknolojisinin hangi alanlarda kullanıldığı ve potansiyel kullanım alanlarının belirlenmesi.
- Yabancı ve yerel kaynaklardan yararlanarak literatür analizinin gerçekleştirilmesi ve yol haritasının oluşturulması.
- Taşınmaz yönetiminde güncel problemlerin belirlenmesi.
- Blokzincir teknolojisinin taşınmaz sektörü için hangi problemlere çözüm bulabileceği ve bu çözümlerin nasıl uygulanabileceğinin belirlenmesi.
- Taşınmaz yönetiminde blokzincir teknolojisinin kullanılmasının analiz edilmesi.

1.4 Metodoloji

Gerçekleştirilecek çalışmada ilk olarak, taşınmaz yönetiminde blokzincir teknolojisinin kullanılması ve bu teknolojinin taşınmaz sektörüne getirebileceği yenilikleri incelemek amacıyla, blokzinciri teknoloji hakkında yerel ve yabancı kaynak taraması gerçekleştirilmiştir ve tarama sonucu bulunan kaynaklar incelenmiştir.

Blokzincir teknolojisinin hangi sorunlar sonucu ortaya çıktığı, çalışma şekli, özellikleri ve türleri araştırılmıştır. Ardından blokzincir teknolojisinin en bilinen ürünlerinden, Bitcoin ve Ethereum incelenmiştir. Blokzincirinin hangi sektörde nasıl kullanıldığı, hangi çözümler ürettiği ve sektörleri nasıl değiştirdiği veya değiştirebileceği araştırılmıştır. Blokzincir teknolojisinin farklı sektörlerle getirdiği yeniliklerin taşınmaz sektörüyle olan ilişkisi göz önünde bulundurulmuştur.

Çalışmanın devamında blokzincir teknolojisinin taşınmaz sektörünü hangi alanla  nasıl geliştirebileceği araştırılmıştır. Literatür taramasında “Google Scholar, **Emerald,** ResearchGate” gibi bilimsel içerik içeren veri tabanlarında “Blockchain technology in real estate management, tokenization of real estate, gayrimenkulde akıllı kontratlar, blockchain land registration, reshaping the real estate industry, real estate in metaverse” gibi anahtar kelimeler kullanılarak tez, konferans, rapor ve makale incelemesi gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen literatür taramasında kaynakların güncel olmasına ve konuyu farklı şekilde ele almasına dikkat edilmiştir.

Gayrimenkullerin alım satımında, saklanması, yatırım yapılmasında, yönetilmesinde yaşanan verimsizlikler ve problemler araştırılmıştır. Bu verimsizliklerin maddi ve manevi sonuçlarının sektöre, topluma ve ülkeye olan etkileri incelenerek mevcut durum analizi gerçekleştirilmiştir.

Blokzincirin birçok alanda kullanılmasını sağlayan özellikleri belirtildikten   **Taşınmaz** sektöründe yaşanan verimsizlikler ve blokzincir teknolojisinin taşınmaz sektörüne getireceği yenilikler ortaya koyulmuştur. Halihazırda taşınmaz sektöründe kullanılan blokzincir teknolojileri incelenerek, mülk işlemlerinde blokzincir teknolojisini kullanan şirketlerin ve ülkelerin yaptığı çalışmalar ortaya koyulmuştur.

Blokzincir teknolojisinin taşınmaz sektöründe kullanılmasıyla birlikte değişmesi beklenen durumlar örnekleriyle birlikte aktarıldıktan sonra blokzincir teknolojisinin taşınmaz yönetiminde kısmen veya tamamen kullanılmasında ortaya çıkan sınırlamalar ve engeller belirtilmiştir. Blokzincir teknolojisinin taşınmaz yönetimine getireceği değişimler ve yenilikler farklı açılardan analizler yapılarak karşılaştırılmıştır.

Araştırma bulguları, taşınmaz yönetimi sürecinde blokzincir teknolojisinin uygulanabilmesi için hangi fırsatların olabileceği bilgisine katkıda bulunur. Süreç boyunca blokzinciri teknolojisini kullanmak için farklı fırsatlar ve kısıtlamalar hakkında genel bakış sağlar. Bu araştırma, taşınmaz yönetimi sürecinde blokzincir teknolojilerinin uygulanabilme olasılıkları için bilimsel argüman sağlayarak bu konudaki araştırmaların devamı için de tetikleyici bir işlev görecektir. Çalışmanın neticesinde devletler ve toplumlar için büyük bir öneme sahip olan taşınmazların, blokzincir teknolojisiyle birlikte nasıl kabuk değiştireceği, geniş bir literatür taraması

ardından, objektif bir şekilde ortaya koyularak taşınmaz sektörüne katkı sağlanarak hedeflenmiştir.

1.5 Literatür Taraması

Bitcoin ile birlikte işlemlerin üçüncü bir tarafa gerek kalmadan gerçekleşebilmesi finans sektöründe heyecan yaratmıştır. Dünyadaki tüm bankaların kendi işleyen sistemleri vardır. Açık bir kaynak protokolü ile işlemlerin çok daha basit bir şekilde gerçekleşebilmesi finans sektöründe farkındalık yaratmıştır ve akıllara blokzincir teknolojisi, neden emlak sektörü için kullanılamazın sorusunu getirmiştir. Mülk sahipliğini devretmek blokzincir ile daha verimli bir kayıt yolu olabilmektedir. Blokzincirin en önemli avantajı zincire bir blok eklendiği zaman verilerde herhangi bir değişiklik yapılamamasıdır. Kayıt defterinin şeffaf olması nedeniyle blokzincirde taşınmazlarla ilgili tüm bilgiler bir araya getirilebilmektedir ve taşınmaz pasaportları oluşturularak taşınmazlarla ilgili farklı bilgilerin saklandığı bir veri odası oluşturulabilmektedir. Bu sayede taşınmaz bilgisine ihtiyacı olan taraflar bu bilgileri güvenle kullanabilmektedir. Blokzincir üzerinde oluşturulan taşınmaz veri odalarıyla birlikte finansman işlemleri, verilerin şeffaflığı ve netliği, tapu kaydı, hizmet maliyetleri, bina bakımı, vergilendirme biçimleri, gayrimenkul değerlemeleri, sigorta için yenileme değeri gibi alanlar değişim geçirecektir. Blokzincir teknolojisinin gayrimenkul sektöründe kullanılması taşınmaz tapularının tescil sürecinde, durum tespit süreçlerinde, taşınmazların likidite kazanmasında, akıllı sözleşmeler ile anlaşmaların otomatikleşmesi ve basitleşmesi gibi süreçlerde büyük avantajlar sağlamaktadır. Blokzincir teknolojisinin gayrimenkul sektöründe kullanılması ile gayrimenkul sektörünün kullanıcıları ve kurumları önemli ölçüde değişerek yeni kurumlar oluşmasına zemin hazırlayacaktır. (Veuger, 2017).

Gayrimenkul sektöründeki olası sınırlamalar ve zorluklara, geleneksel yöntemler kullanılmadan, blokzincir teknolojisi ve akıllı sözleşmeler aracılığıyla çözümler aranmaktadır. İsveç, Avustralya ve Birleşik Krallık gibi ülkeler tapu kaydı ve taşınmaz sözleşmelerinde blokzincirin kullanılmasını araştırmaktadır. Bazı özel şirketler de mülklerin tokenleştirilmesini test etmektedir. Mülklerin tokenleştirilmesi ile taşınmaz işlemleri daha şeffaf olabilirken, taşınmazların alım satımında da likidite sağlanmakta ve paylaşım ekonomisine katkı sağlanmaktadır. Kamu ve özel girişimler blokzinciri teknolojisinin gayrimenkul sektörü üzerindeki etkisi ve geleneksel süreçlerden

kurtularak maliyetin düşürülmesi konusunda fikir birliğine ulaşmıştır. Bu çalışmada, tapu kurumlarının yıllardır güvenle işlem sağladığı ülkelerde blokzincirin kullanılmasına gerek var mıdır sorusuna cevap aranmaktadır. Resmî belgelerin ve yolsuzluğun sorgulanabilir olduğu ülkelerde blokzincirin kullanılması kamu tarafından doğrulanabilirlik yoluyla daha fazla şeffaflık sağlamaya katkı sağlayacaktır. Gayrimenkul alım satımında yabancı vatandaşlarının payı oldukça fazla olabilmektedir. Blokzincir teknolojisi ile birlikte sınır ötesi gayrimenkul alım satım işlemler çok daha hızlı gerçekleşebilmektedir. Gayrimenkul satın alınırken en büyük endişelerden birisi de evrak işleridir. Akıllı sözleşmeler, kira gelirlerinin ve vergilerin otomatik ödenmesine imkân sağlayabilmektedir. Blokzincire dayalı taşınmaz kayıtlarının gerçekleşmesi ile birlikte kamu kurumlarındaki personel sayısında büyük oranda azalma meydana gelerek tasarruf sağlanabilmektedir. Dünyada farklı birçok taşınmaz alım satım prosedürleri vardır. Blokzinciri aracılığıyla taşınmaz alım satımında tarafların kimlik kontrolü, sözleşmenin yasallığı ve aynı hakların doğrulanması, mülkiyetin tescili ile dağıtık defterin değiştirilmesi gibi bazı özel konularda sorunlar ve zorluklar yaşanabilmektedir (Garcia-Teruel, 2020).

Gayrimenkul alım satımındaki işlem maliyetlerinin yüksek olmasının nedeniyle iki taraf arasında direkt güven tesis edilememektedir. Gayrimenkul piyasasında işlem maliyetlerini azaltmak için, blokzinciri olarak adlandırılan, dağıtılmış kayıt teknolojisi kullanılır. Blokzincir teknolojisi ile güvenilir olarak yapılmasına gereken işlemler güvenilir aracı kurumlarına gerek duyulmadan gerçekleşebilmektedir. Kripto paraların kullanımı yoluyla finansal ödemelerin verimliliği artar ve işlem maliyetleri azalır. Blokzincir teknolojisi mülkiyet haklarının kanıtını sağlar, kamu yönetiminin verimliliğini artırır ve merkezi olmayan finansman oluşturma olanağı sağlar. Emlak piyasalarında blokzincir teknolojisinin kullanılmasıyla birlikte gayrimenkul işlemlerinde belge transferlerinin gerçekleşmesi, tokenizasyon yoluyla satışların merkezden uzaklaştırılması ve tapu sicillerinin blokzincirine aktarılması işlemleri gerçekleşecektir. Fakat blokzincir teknolojilerinin geliştirilmesinde bazı zorluklar ve kısmi sorunlar bulunmaktadır (Kalyuzhnova, 2018).

Maliyetleri düşürülmesi, bilgi farklılıklarının ortadan kaldırılması, operasyonel süreçlerin verimliliğini artırması ve uzlaşma süresini kısaltması blokzincir teknolojisinin en önemli özellikleri olarak görülmektedir. Ticari emlak şirketlerinde şeffaflığın yetersiz olması, yüksek işlem maliyetleri ve dijitalleşme ihtiyacı

gayrimenkul sektöründe blokzincir teknolojisine olan ihtiyacını ortaya koymaktadır. Blokzincir teknolojisi henüz gelişme aşamasında olduğu için gayrimenkul sektöründe tam olarak kullanılmaya hazır değildir. Blokzincir teknolojisinin mevcut gayrimenkul alım satımında başarıyla kullanılabilmesi için bazı engelleri aşması gerekmektedir. Gayrimenkul sektörü veriler genel olarak şeffaf değildir. Taşınmaz bilgileri kâğıt form halinde sistemlerde depolanır ve bu bilgilere erişmek çok kolay değildir. Bu durum gayrimenkul alışverişinde yanlış veya eksik bilgilerin çıkabilmesine ve sürecinin daha uzun sürebilmesine neden olur. Blokzincir teknolojisinin kullanılması ile gayrimenkul satın alma sürecinde şeffaflık sağlanarak olası dolandırıcılık faaliyetleri bitecek ve mülk satın alma süreci hızlanacaktır. Dijitalleştirilmiş mülk kimlik sistemlerinin oluşturulmasıyla, taşınmaz işlemleri sürecinde fiziksel belgelerin kullanılmasına gerek kalmayacaktır. Bu sayede fiziksel belgelerin görevliler tarafından manuel doğrulanma süreci ortadan kalkarak bilgi kayıpları ve bireysel hatalar azalacaktır (Nijland ve Veuger, 2019).

Blokzincir teknolojisinin faydalarından biri de taşınmazları tokenize hale getirip daha fazla parçalara bölerek alıp satılabilmesine sağlamasıdır. Tokenler, gayrimenkul üzerindeki mülkiyeti belirler. Tokenlerin ikincil pazarlarda alım satımı sonucu, gayrimenkuller likit birer varlık haline gelebilir. Bu sayede bir eve yatırım yapabilecek yeterli sermayesi olmayan bir kişi parçalara ayrılmış mülkün küçük bir kısmına daha düşük bir bütçeyle yatırım yapabilmektedir. Tokenizasyon ile birlikte şeffaf ve likit gayrimenkul borsalar oluşabilecektir. Fazla zaman, uğraş ve yüksek maliyet gerektiren gayrimenkul yatırımları daha hızlı ve düşük maliyetle doğrudan gerçekleştirilebilir. Blokzincir ağına eklenen bir veri bir daha değiştirilemediği için verilerin bloklara eklenmeden önce kesinlikle doğrulanması gerekmektedir. Blokzincir ağına eklenen mülkiyet hakkının değiştirilmesi mümkün olmadığı için tapu ve arazi mülkiyeti ile ilgili oluşabilecek sorunlar önemli ölçüde azalmaktadır. Blokzincir teknolojisiyle birlikte her bir emlak şirketi kendi altyapısında bulunan taşınmaz verilerini blokzincir ağında toplayarak veri standardizasyonu gerçekleştirecektir. Standartlaşmış veriler ile birlikte emlak şirketleri verinin yönetilmesi için daha az zaman harcayarak maddi tasarruf sağlar, gayrimenkul piyasalarının şeffaflığı artar, doğru bilgiye ulaşım kolaylaşır ve pazarlara erişim artar (Don, Rajah, Ott ve Fromm 2019).

Herhangi bir taşınmazın tüm yaşam döngüsü dijitalleştirilerek blokzincirine aktarılabilir. Taşınmazın dijital kimlik kazanmasıyla birlikte yapımında

kullanılan malzemeler, onarım detayları, satış fiyatları, işlem tarihleri ve tapu kaydı gibi bilgiler blokzincirde yer alabilmektedir ve herkes tarafından istenildiği zaman detaylı bir şekilde incelenebilerek bina performansı analiz edilebilmektedir. Taşınmaz bilgilerinin blokzincirine aktarılması sonucu taşınmazların geçmiş fiyatlarının herkes tarafından görülebilmesiyle piyasa daha şeffaf hale gelecektir ve dolandırıcılık riski büyük oranda azalacaktır. Kopyalanması imkânsız hale gelen dijital sahiplik sertifikaları ile birlikte sahte mülkiyet belgeleri tamamen ortadan kalkacaktır. Gayrimenkul alanında risklerin azalmasıyla gayrimenkule olan yatırım talebi de artacaktır. Kira sözleşmelerin akıllı kontratlar ile gerçekleştirilmesi, işlemleri otomatikleştirerek iki tarafın birbirine duyduğu güven ihtiyacını ortadan kaldırır ve ev sahibiyle kiracı için işleri büyük oranda kolaylaştırır. Blokzincir teknolojisi hala geliştirme aşamasında olduğu için teknik zorluklar, kamu algısı, standardizasyon gibi sorunlarla yüzleşmektedir (Dijkstra, 2017).

Blokzincir teknolojisi birçok alanda olduğu gibi coğrafi bilgi sistemleri alanında da kullanılmaktadır. Blokzincirinin coğrafi bilgi sistemleri ile ilişkisi incelendiğinde karşımıza arazi kayıt uygulamaları karşımıza çıkmıştır. Merkezi olmayan dağıtık veri tabanının kullanılması ile birlikte şirketler sanal ortamda taşınmazlarını satabilecektir. Mülkiyet devrinde dolandırıcılığın engellenmesi, ek güvenlik seviyeleri, geçmişten günümüze yapılan tüm işlemlerin kolayca denetlenebilir olması, şeffaflık, insan kaynaklı hatalara veya doğal afetlere karşı daha az etkilenmesi ve işlem verimliliğinin artırılarak arazi işlem maliyetlerinin düşürülmesi gibi işlemler taşınmaz kayıt işlemlerinin blokzincir ağına yapılmasının getirdiği avantajlardan en önemlileridir. Brezilya ve Honduras gibi ülkeler arazi kaydı sırasında yaşanan usulsüzlükler nedeniyle blokzincir teknolojisinin kullanıldığı pilot uygulamaları denemektedir. Pilot uygulamaların sonucunda arşivleme işlemlerinin kolaylaştığı ve kayıt hatalarının azaldığı görülmüştür. İsveç, mülk tescili konusunda güvenilir olan ülkelerden birisi olmasına rağmen blokzincir teknolojisini kullanarak üçüncü tarafların işleme dahil etmeden tapu ve kadastral işlemleri gerçekleştirmiştir. Gerçekleştirilen pilot uygulamalardan alınan geri bildirimler arttıkça, uygulamalar olgunluğa ulaştıkça, yerel kanunlardan kaynaklanan riskler azaldıkça ve blokzincir teknolojisinin faydaları tüm paydaşlar tarafından kabul görmeye başladıkça blokzincir arazi kayıt sistemleri daha yaygın bir şekilde kullanılmaya başlayacaktır (Mendi ve Çabuk, 2018).

Dünyadaki tapu tescil sistemleri bilgi ve teknoloji sistemlerinin gelişmesiyle birlikte modernizasyon sürecine tabi tutularak kabuk değiştirmektedir. Blokzincir altında yatan dağıtılmış defter teknolojisiyle birlikte taşınmaz işlemlerini depolayarak arazi kaydında devrim yaratması beklenmektedir. Blokzincirde üzerinde gerçekleşen işlemlerin bağımsız olarak doğrulanması, araçlar olmadan gerçekleşmesi, işlemlerin değiştirilememesi bazı endişeler yaratmaktadır. Bu makale ile taşınmaz işlemlerinin otomatikleştirilmesi sonucu oluşabilecek risklerin yanı sıra potansiyel yararları incelenmektedir. Tapu kayıtlarının blokzinciri teknolojisinde kullanılabilmesinin potansiyel avantajlarına rağmen böyle bir çözümün gayrimenkul işlemleri için uygun olup olmadığını anlayabilmek için blokzincir teknolojisini iyi analiz etmek gerekmektedir. Blokzincir teknolojisi madencilerin verileri işlem gücü uygulayarak doğrulaması hukuki olarak değil de teknik anlamda değerlendirilebilmektedir. İşlem gücünün çoğunu kontrol etmek için madencilik çiftlikleri oluşturulur ve böylece blokzincirinin %51'lik mutabakat mekanizması ve ademi merkeziyetçiliği zarar görebilmektedir. Bu durumda tapu sahipleri taşınmazlarından mahrum kalabilmektedir. Tapu dairesinden kaynaklanan hatalarda sorumlu devlet olmaktadır fakat blokzincirinde yapılan tapu işlemlerinde olası bir hata durumunda tek bir başarısızlık noktası olmadığı için hatayı kimin üstleneceği muammadır. Taşınmazlar işlemleri blokzinciri üzerinde bireylerin sahip olduğu özel şifreleme anahtarıyla gerçekleşmektedir. Şifreleme anahtarları kaybolması durumunda yapılması gerekenler önceden düşünülmelidir. Özel ve hibrit blokzincirleri genel blokzincirin aksine yukarıda bahsedilen sorunlara çözüm bulmaktadır fakat bu durumda blokzincirinin merkeziyetsizliği zarar görmektedir (Kaczorowska, 2019).

Decentraland evreni 90.601 parsel arazisinden oluşan bir metaverse evrenidir. Merkezi olmayan bu evren ilk başlarda 2 boyutlu olarak kurulmuştur fakat yapılan geliştirmelerle 3 boyutlu bir dünyaya dönüşmüştür. İlk başlarda sanal arazi parselleri 20 dolar gibi ücretlere satılırken şu an da Decentraland evrenindeki dijital arsaların değeri binlerce dolar etmektedir. Dijital gayrimenkul işine giren ilk blokzincir şirketlerinden biri olan, Decentraland adlı sanal bir evren inşa eden, şirket Metaverse Grup'tur. Decentraland, Ethereum ağı üzerinde kurulmuş sanal bir dünyadır. Decentraland metaverse evrenindeki dijital mülkler kripto para birimi olan Mana ile alınabilmektedir. Birçok kişi dijital mülklere milyonlarca dolar harcamaktadır. Tüm işlemler ethereum ağındaki merkezi olmayan defterlerde akıllı sözleşmeler aracılığıyla

gerçekleşir. Küratör olan Metaverse Grup, Decentraland evrenindeki arsa satışı üzerinde kontrol sahibi değildir ve mülkiyet kaydı ile ilgili bir taahhütte bulunmaz. Őirketin rolü site ve araçları kullanıma sunarak Decentraland evreninde farklı etkileşimlere izin vermektir. Küratörün amacı Decentraland’de kullanıcıların diğer kullanıcılarla etkileşim halinde olup uygulamalar oluşturabileceği dijital bir deneyim yaşatmaktır. Kullanıcılar evren içinde yeni arsa oluşturamazlar, evrendeki arsalar üzerinde ek içerik oluşturabilirler. Decentraland başlangıçta 2 boyutlu bir piksel ızgarasından oluşmaktaydı. Ardından pikseller yerine arazi parselleri için farklı modeller oluşturuldu ve bu modeller blokzincirde depolanmaya başladı. Sonrasında ise Decentraland ekosistemine katkı veren Ethereum ağında oluşturulan merkezi olmayan uygulamalar ile birlikte dijital evren daha ilgi çekici bir hal almaya başladı (Goanta, 2020).

Gana’da mülk edinimi sırasında gereksiz bürokrasi, şeffaflık eksikliği ve gayri resmi suçlamalar yaşanmaktadır. Bu  alışma, mülk ediniminde yaşanan zorlukların blokzincir teknolojisiyle üstesinden gelinmesi ve blokzincirinin taşınmaz yönetimine nasıl entegre edilebileceği konusu ele alınmıştır. Çalışmada dijital arazi kayıt sisteminin SWOT analizi gerçekleştirilmiştir. Gana’da mülk işlemlerinde  ifte arazi satışı, arazi belgelerinin alınmasındaki zorluklar, hileli arazi işlemleri, arazi belgelerinin zamanında teslim edilmemesi gibi sorunlar yaşanmaktadır. Akıllı bir arazi yönetim sistemi oluşturabilmek için gereken işlevsellik blokzincir teknolojinde mümkündür. Blokzincir teknoloji arazi verilerinin şeffaflığını, arazinin izlenebilirliğini, güvenliğinin ve kalitesinin artmasını sağlayarak yolsuzluğu ve manipülasyonları engeller. Taşınmaz sektöründe blokzincirin kullanılmasının yeterli olgunluğa ulaşıp ulaşmadığı araştırma konularından birisidir (Ameyav ve de Vries, 2021).

Gelişmekte olan ülkelerde ve mülkiyet güvenliğinin tam olarak garanti edilemeyen ülkelerde, blokzincir teknolojisinin mülkiyet işlemleri için kullanılması uygun bir yaklaşım olarak görülmektedir. Bu ülkelerde blokzincir teknolojisinin kullanılmasındaki en büyük amaç mülkiyeti belli olmayan yerlerin kadastrasunun kısa sürede geliştirilmesidir. Almanya’da tapu sicilinde tamamen blokzincir teknolojisinin kullanılması düşüncesi, devlet tarafından mülkiyetin korunması garanti altına alındığı için gerekli görülmemektedir fakat taşınmaz transferlerini daha kısa sürede gerçekleştirebilmek için blokzincir teknolojisinin uygulanma süreci Almanya’da da

hızlandırılabilir. Almanya’da taşınmaz devrinin tamamlanabilmesi için birçok bireysel koşul gerekmektedir ve bu süreç 5-6 ay sürmektedir. Süreç tamamiyle şeffaf olmadığı için hangi aşamada olduğu da bilinmemektedir. Sürecin uzun sürmesi nedeniyle taşınmaz üzerindeki ekonomik faaliyetler gecikir ve yatırımlar sektöre uğrayabilir. Tapu daireleri de taşınmaz işlemlerine geç dahil olur ve uzun sürede onaylamaktadır. Taşınmaz belgelerini saklamak için de gün geçtikçe taşınmaz depolama gereksinimi artmaktadır ve dijital olmayan eski taşınmaz belgelerini aramak çok zaman almaktadır. Almanya’da blokzincir teknolojisinin tapu sicilinde kullanılmasıyla birlikte tüm süreç 5-6 aydan 1-2 haftaya düşebilir. Dijital imzalar ile daha güvenli işlemler gerçekleşir. Tüm belgeler dijital ve dağıtık olarak saklanacağı için kaybolma riski olmaz. Blokzincir tabanında geliştirilen merkezi olmayan uygulamalar ile tapu işlemleri anlık olarak takip edilebilir. Blokzinciri çok yönlü bir teknoloji olduğu için mevcut olan tapu sicilini geliştirebilme ve değiştirebilme olanaklarına sahiptir (Müller ve Seifert, 2019).

Blokzincir teknolojisi ile birlikte TG piyasası şeffaflık, verimlilik ve otomasyon açısından iyileştirmeye uğrayacaktır. Gayrimenkul marketinde işlem süreçleri uzun ve hantal olma eğilimdedir ve işlem maliyetleri de yüksektir. Kimlik tespitinin fiziksel belgeler ile yapılması ve gayrimenkul belgelerinin farklı veri tabanlarında bulunması gayrimenkul işlemlerinde süreci uzamasına neden olmaktadır. Manuel doğrulama süreçlerinin gerçekleşmesi üçüncü tarafın katılımına neden olurken insan kaynaklı hataların oluşmasına ve maliyetlerin artmasına neden olmaktadır. Bu TG piyasasında işlem maliyetlerini düşürme de blokzinciri tabanlı uygulamalarının ne ölçüde kullanılabileceğini ve maliyetleri nasıl etkileyebileceğini değerlendirmektedir. Blokzincire girilen veriler değiştirilemezler. Mülkle ilgili veriler değişime uğrayabildikleri için veri tabanlarında da değişiklikler gerekmektedir. Bu yüzden blokzincirdeki mülkle ilgili tüm belgeler tek tıklamayla güncellenmez. Güncellenmiş bilgiler blokzincire yeni bloklar ile eklenebilir. Blokzincir teknolojisinin şu anki durumu göz önünde bulundurulduğunda, çok yeni bir teknoloji olduğu için, gayrimenkul sektöründe tamamiyle kullanılması çok uygun gözüküyor. Fakat mevcut sürece odaklanmak yerine blokzincirin mevcut potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda bu teknolojinin gayrimenkul sektörü için parlak bir geleceği olduğu görülmektedir. Gayrimenkullerin tokenizasyonu ve dijital bina pasaportları konusunda daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir. Fikir birliği ile doğrulanmış mülk kayıtlarından oluşan dağıtılmış defter teknolojisi emlak sektörünün başkalaşım

geçirmesine neden olabilir. Bu çalışmada blokzincirinin gayrimenkul alanındaki hangi yönlerde kullanılmasının uygun olmadığı da araştırılmıştır (Seuren, 2018).

Ticari gayrimenkul piyasasındaki şirketler diğer şirketlere karşı avantaj yaratabilmek için gayrimenkullerin kiralama, emlak fiyatları gibi bilgilerini gizli tutmaktadır. Teknolojide gerçekleşen ilerlemelerle birlikte, piyasa da şeffaflığa talep artmaktadır. Blokzincir ile birlikte gayrimenkul bilgileri daha şeffaf ve verimli bir şekilde tutulabilmektedir. Sektörün içindeki insanlar blokzincir teknolojisiyle birlikte gayrimenkul piyasasının başkalaşım geçireceğini düşünmektedir. Gayrimenkullerle ilgili bilgilere ulaşabilmek için birden çok farklı listeleme hizmeti kullanılır. Listeleme hizmeti sağlayan aracı kurumların yüksek abonelik ücretleri ve veri eksikliği sorunları bulunabilmektedir. Sonuç olarak gayrimenkul işlemlerinde yaşanan bu verimsizlikler nedeniyle bazı işlemlerde gecikmeler yaşanmaktadır. Blokzincir teknolojisiyle birlikte daha verimli veri tabanları oluşturulabilmektedir. Bu sayede gayrimenkul bilgileri daha şeffaf hale gelecektir ve maliyeti azalacaktır. Blokzincir teknoloji kullanılarak oluşturulan dijital kimliklerle birlikte güvenli çevrimiçi kimlik kayıtları oluşacaktır. Bununla beraber ipotek taahhüdü, finansal değerlendirme gibi işlemler daha hızlı ve yüksek doğrulukta gerçekleşecektir. Blokzincir teknolojisiyle birlikte mülklerin dijital kimliği oluşturulabilmektedir. Bu dijital kimlikler birlikte mülklerin konumu ve geçmişi gibi bilgiler dağıtılmış veri tabanında tutulacaktır. Dijital kimliklerle birlikte tapu sahtekarlığı ve sahte taşınmaz alım satımı büyük oranda azalacaktır. Blokzincir teknolojisiyle çalışan akıllı sözleşmeler birçok gayrimenkul sürecini kolaylaştırmaktadır. Akıllı sözleşmelerle birlikte kiralama koşullarında şeffaflık oluşacaktır, alınan kira ödemeleriyle otomatik olarak başka ödemeler yapılabilecektir ve gayrimenkul yönetimiyle ilgili zorluklar hafifleyecektir. Blokzincir teknolojisi mevcut gayrimenkul yönetimindeki tüm verimsizliklere çözüm bulacağı düşünülmemektedir. Aynı zamanda blokzinciri teknolojisinin tüm süreçleri otomatikleştiremeyeceği, birkaç aracıya ihtiyaç duyulması gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır. Blokzincir, gayrimenkul yönetiminde doğru uygulanmadığında maliyetleri de arttırabilmektedir (Deloitte, 2017).

2. KAVRAMLAR

2.1 Blokzincir İle İlgili Temel Kavramlar

Blokzincir, merkeziyetsiz mutabakat mekanizması, kriptografik algoritmaların ve dağıtılmış veri tabanının birleşimiyle oluşmuş bir teknolojidir. Blokzincir, veri tabanını koruyan ve depolayan merkezi bir üçüncü tarafın olmadığı bunun yerine verinin bir ağ üzerinden dağıtıldığı ve işlemleri doğrulamak için bir fikir birliği mekanizması kullanıldığı, merkezi olmayan bir veri tabanıdır. Blokzincir üzerindeki işlemler herkese açıktır ve herkes tarafından görüntülenebilir. Blokzincir, sürekli olarak eklenen işlem kayıtları veya yürütülebilir kod ve program gibi veri kayıtlarının listesidir. Veriler işlenir ve bloklar halinde zincire eklenir. Blokzinciri üzerinde gerçekleşen işlemlerin ne zaman gerçekleştiğini belirten zaman bilgisi. Blokzincir üzerinde gerçekleşen bütün işlemler ve veriler zaman damgasıyla işaretlenir. Bu sayede işlemlerin zincir olarak birbirine bağlanması kolaylaşır. Blokzincirini oluşturan blokların oluşabilmesi, ağdaki düğümler tarafından oy birliğinin sağlanmasıyla gerçekleşir. Blokzinciri ağında yer alan her bir düğümün sahip olduğu defterin ağdaki tüm defterle aynı olduğuna dair fikir birliğine varılmasıyla mutabakat oluşur. Blokzincirdeki verilerin tüm kopyası ağa katılan düğümler tarafından kaydedilebilmektedir. Blokzincirinin en önemli özelliklerinden birisi ise işlemlerin, kişilerin bireysel hesaplamaların ve kontrollerinden ziyade ağa bağlı hesaplamalar aracılığıyla gerçekleşmesidir. İsteyen herkes blokzinciri üzerindeki verilere erişerek yapılan işlemleri inceleyebilmektedir. Eşler arasında, araçlara ihtiyaç duymadan işlemlerin gerçekleşmesinde, dijital imza ve kriptografik doğrulamalar kullanılmaktadır. Blokzinciri merkezi bir sistem olmadığı için tamamen kapatılamaz, kontrolü bırakamaz ve iptal edilemez. Blokzinciri ile birlikte kullanıcıların anonimliği de sağlanabilmektedir. ABD Ulusal Güvenlik Birimi'nin geliştirdiği kriptografik veri şifreleme metodunu olan kriptografik özet algoritması (SHA-256) ile veriler şifrelenmektedir. Kriptografik özet koduna hash kodu denilmektedir. Hash kodu ile blokta tüm veri 64 karakterden oluşur. Verideki ufak bir değişim kriptografik özet değerinin tamamen değişmesine neden olur. Bloklar birbirine bağlı olduğu için her bir bloğun hash kodu bağlandığı bloğun hash kodunu etkiler. Bu algoritma sayesinde veri tabanında gerçekleşen en ufak değişiklik hash kodlarını değiştirmektedir. Bütün hash

kodlarının tek bir kriptografik özet kodu kalana kadar birbirleriyle birleşmesi sonucu oluşan ağaç yapısına ise Merkle Ağacı denilmektedir.

Blokszincirde iş ispatı gibi mutabakat mekanizmalarının kullanılmasından dolayı yüksek miktarda enerji harcanır. Harcanan enerji ile birlikte işlemleri doğrulayan, dağıtık ağda görev yapan düğümler, teşvik mekanizması ile ödül elde etmektedir. Blokszinciri üzerinde gerçekleşen kriptopara transfer işlemlerinin doğru ve güvenilir bir şekilde gerçekleşmesi sonucu madencilerin aldığı ücret ise işlem ücretidir. İşlem ücretleri blokszincire göre değişebilmektedir. Herkesin katılamadığı, genel blokszincir aksine, yalnızca izin verilen kişilerin katılabildiği ve izinle mutabakat sağlanan blokszincirlere kapalı blokszinciri denilmektedir. Kapalı blokszincirdeki ağlarındaki doğrulayıcı düğümler ağ sahibinin kontrolü doğrultusunda gerçekleşir. Blokszincir üzerindeki işlemlerin doğrulanmasında anonim düğümlere güven yoktur. Herkesin özgürce katılabileceği, katılım için izin gerektirmeyen blokszincire ise açık blokszinciri denilmektedir. Bitcoin ve Ethereum gibi blokszincirlere katılabilmek için ve bu ağ üzerinde işlem yapabilmek için izin gerekmemektedir.

Dijital imza sayesinde blokszincirde yer alan verilerin bütünlüğü ve güvenilirliği sağlanır. Asimetrik kriptografiyi kullanan dijital imzalarla birlikte blokszincirde yer alan şifrelenmiş veri, herkese açık olan anahtar sayesinde başkalarıyla paylaşılabilir hale gelmektedir. Blokszincir üzerinde işlem yapan her bir kullanıcının genel ve gizli tutulması gereken özel anahtarı vardır. İşlemlerin blokszincir veri tabanında yer alabilmesi için dijital olarak imzalanması gerekmektedir. Blokszincir üzerindeki işlemler gizli anahtar ile imzalanarak şifrelenmektedir. Şifrelenen işlemin doğruluğu ise genel anahtar ile kontrol edilir. Gizli anahtarları saklamak ve kripto varlıkları depolamak için kullanılan oluşuma cüzdan denilmektedir. Sıcak ve soğuk cüzdan olmak üzere ikiye ayrılır. Sıcak cüzdan merkezi borsalarda saklanır. Soğuk cüzdanlar ise merkeziyetsizdir bir şekilde belleklerin içinde taşınabilir haldedir. Başlangıçta, cüzdanların kripto para adreslerini oluştururken, karşımıza çıkan, rastgele 12 civarı kelimeden oluşan kelimeler özel anahtardır. Bu kelimelerin kaybedilmemesi gerekmektedir.

Blokszincir 1.0, basit token işlemlerini gerçekleştirmeye odaklanan blokszincir teknolojisi neslidir. Sınırlı kapsam ve yeteneğe sahiptir. Bitcoin ile gerçekleştirilen para transferleri ve dijital ödemeler bu neslinin ürünüdür. Blokszincir 2.0, Zincir üzerinde akıllı sözleşmeleri ve genelleştirilmiş işlemleri mümkün kılan blokszincir

neslidir. Basit eşler arası işlemlerin dışında genişletilmiş merkezi olmayan uygulamaların gerçekleşmesini sağlar. Blokzincir 3.0, Finansal uygulamaların dışında finansal olmayan uygulamaları da kapsayan, dijital toplum olarak adlandırılın ve ölçeklenebilirliğe ve birlikte çalışılabilirliğe odaklanan blokzincir neslidir.

Bitcoin, blokzincir teknolojisi üzerinde çalışan dijital bir para birimidir. Satoshi Nakamoto tarafından 2008 yılında ortaya çıkarılmış ve 2009 yılında kullanılmaya başlanılmıştır. Bitcoin, Bitcoin ağında cüzdanlar arasında transfer edilebilen, merkezi bir kurum tarafından kontrol edilemeyen dijital bir varlıktır. Üretilebilecek maksimum Bitcoin kripto parası 21 milyon adettir. Bitcoin blokzincirinde blok üretimi süresi 10 dakikadır. Bitcoin ağındaki ilk üretilen bloğun adı Genesis'tir. Bitcoin kripto parasından sonra altcoin olarak adlandırılan alternatif kripto paralar ortaya çıkmıştır. Bitcoin, en değerli kripto para birimidir. Başka bir blokzincir projesine bağlı olmayan kendisinin bir blokzincir platformu olan dijital para birimine koin denilmektedir (Tanrıverdi, Uysal ve Üstündağ, 2019).

Dağıtık Defter, verilerin herhangi bir merkezi sisteme bağlı olmaksızın farklı düğümlere dağıtılması ve verilerin bu düğümlerde dağılmış olarak depolanması sonucu oluşan defterdir. Veriler şifreli olarak birden fazla düğümden saklanmaktadır. Merkeziyetsiz bir şekilde ağdaki tüm katılımcıların işlemleri onaylamasıyla dağıtık defter teknolojisi uygulanabilir. Verilerin kayıt altına alındığı, sadece yeni kayıtların eklenildiği ve eklenen hiçbir kaydın silinemediği blokzincir kayıt defteri olarak da adlandırılır. Dağıtık defterlerin bir kopyasını tutan bilgisayarlara ise düğüm denilmektedir. Düğümlerin amacı kripto varlık için blokzincirinin bütünlüğünü sağlamaktır. Düğümler sayesinde kripto varlıklar saldırılara ve kesintilere karşı güçlü hale gelmektedir. Blokzincirdeki düğüm sayısının artması zincirin güvenliği artırmaktır. Bilgisayar biliminde bir fikir birliği protokolü olan konsensü protokolü ile, dağıtılmış bir ağın düğümleri arasında işlemlerin geçerliliği, verilerin erişimi ve doğrulama işlemleri gerçekleşirken defterlerin birbirinden farklı olmadığına dair fikir birliğine de varılmaktadır. Dağıtılmış defterde yer alan veriler şifreler aracılığıyla saklanmaktadır. Defterlerde yer alan verilere yalnızca gizli anahtara sahip kullanıcılar erişebilmektedir. Dağıtık defter teknolojisiyle birlikte blokzincirde yer alan veriler tek bir defterde değil de ağda yer alan tüm defterlerde tutulduğu için blokzincirde yer alan veriler olası saldırılara karşı güvenli bir şekilde saklanabilmektedir. Merkeziyetsiz

olan dağıtık defter teknolojisine karşı başarılı olabilmek için ağda yer alan tüm defter kopyalarına karşı başarılı bir saldırı gerçekleştirmek gerekmektedir.

Akıllı Sözleşme, bilgisayarlar aracılığıyla, oluşturulmuş sözleşmenin şartlarını yerini getirilmesini sağlayan işlem protokolüdür. 1993 yılında ortaya çıkan bu protocol blokzincir teknolojisi ile birlikte daha kullanılır hale gelmiştir. Aynı zamanda blokzincirin yaygınlaşmasına ve gelişmesine de büyük katkı sağlamıştır. Uzlaşma protokollerini kullanan blokzincir teknolojisi üzerinde çalışan, klasik sözleşmelerin yerini alan, merkezi denetim olmayan işlem protokollerine akıllı sözleşme denilmektedir. Akıllı sözleşmeler bilgisayarlar tarafından okunabilen kodlardır. Akıllı sözleşmede yer alan maddelerin gerçekleşmesi için bireylere ihtiyaç duyulmamaktadır. Sözleşmeler oluşturulup blokzincirde yerini aldıktan sonra otomatik olarak çalışmaktadır. Aynı zamanda bu sözleşmeler blokzincirinin özellikleri sayesinde dağıtık yapıda bulunmaktadır. Akıllı sözleşmeler değiştirilemezler ve blokzincir üzerinde yer aldığı için şeffaf olarak izlenilebilmektedir. Anlaşma tarafları, akıllı sözleşmeyi kriptografik olarak imzalayarak blokzincirde yer almasını sağlar. Akıllı sözleşmeler işlemlerin güvenliğini sağlayan üçüncü taraflara ihtiyaç duymamaktadır. Akıllı sözleşmeler anlaşmaların güvenliğini sağladığı için avukatlara olan ihtiyacı büyük oranda azaltmaktadır. Akıllı sözleşmeler sayesinde yapılan anlaşmalarda güven hız ve maliyet açısından büyük tasarruf ve avantaj sağlanır. Akıllı kontratlar için en yaygın olarak kullanılan blokzincir ağı Ethereum'dur. Ethereum, merkezi olmayan, açık kaynak kodlu bir blokzincirdir. Erişilebilir olduğundan isteyen herkes Ethereum Sanal Makinesi üzerinde akıllı kontratlar ve merkezi olmayan uygulamalar geliştirilebilir. Solidity, Ethereum blokzinciri üzerinde akıllı kontratlar yazabilmeyi sağlayan programlama dilidir. Solidity dili ile yazılan akıllı kontratlar Ethereum Sanal Makinesi'nde çalışır. Ethereum blokzincirinde yer alan tüm düğümler, merkezi olmayan bir platform olan Ethereum Sanal Makinesini kullanarak, akıllı sözleşmede yer alan maddeleri gerçekleştirmektedir (Blockchain Türkiye Platformu, 2019).

Metaverse, evren ötesi anlamına gelmektedir. Metaverse kullanıcıların kendilerini fiziksel olarak zorlamadan, benliğini dijital bir evrende tamamen zihinsel olarak hissettikleri gerçekliği arttırılmış bir platformdur. Metaverse'de konsere gidilebilir, alışveriş yapılabilir ve satın aldığımız arsa üzerinde konut yapabilir bu konutu kiraya verebiliriz. NFT'ler metaverse de kullanılabilir. NFT, dijital bir varlığın eşsiz

olmasını ve hiçbir varlığın bu varlığın yerine geçememesini sağlayan, blokzincirde depolan veri birimidir. Değiştirilemez tokenler birer dijital sertifikadır. NFT'lerin market değeri günden güne artmaktadır. NFT'ler oyun, müzik, film ve sanat gibi sektörlerde de kullanılmaktadır. Facebook metaverse ile ilgili önemli yatırımlar yapmaktadır. Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü 3B şehir modelleri tapu, kadastro ve taşınmaz bilgilerini metaverse ile entegre etmek için çalışmalar yapmaktadır. bilgileri *Decentraland*, blokzincir tabanlı merkeziyetsiz bir sanal evrendir. Bu evren 100 metrekaarelik 900.601 parselden oluşmaktadır. Decentraland evreninde arazi satın alınabilmektedir. Satın aldığımız arazi üzerinde gezinebilme, reklam verme, konut yerleştirme ve oyun alanları gibi faaliyetlerde bulunulabilir. Decentraland evreninde sahip olduğumuz dağıtık defterlerle kayıt altına alınmaktadır.

2.2 Taşınmaz İle İlgili Temel Kavramlar

Taşınmaz: Eşya iki şekilde gruplandırılmaktadır. Gruplardan biri taşınır eşya diğeri taşınmaz eşyadır. Gruplandırma arasındaki fark eşyanın yerinin değişip değişmemesine göre gerçekleşir. Taşınmaz eşya bir yerden başka bir yere taşınamayan eşyalardır. Tarla, ev ve arsa gibi bir yerden başka bir yere götürülemeyen eşyalardır.

Tapu, bir taşınmazın sahibini ortaya koyan, tapu müdürlüğünce verilmiş resmî belgedir. Tapu sicilinin ilkeleri tescil ilkesi, açıklık ilkesi ve devletin sorumluluğu ilkesidir. Taşınmaz tescil edildiği taktirde mülkiyet kazanmaktadır. Tapu sicili herkese açıktır. Tapu Senet Kaydı Sistemi ile hak sahibi, taşınmaz üzerinde malik olduğunu gösteren belge ile taşınmazı başkasına satabilme hakkına sahiptir. Senet yaklaşımı insan ilişkilidir. Mülk sahibinin sahip olduğu senedin resmi hale gelebilmesi için tapuya tescil edilmesi gerekmektedir. Tapu Tescil Sistemi arazi ilişkilidir, “nerede?” ve “ne kadar” sorularına cevap verir. Arazi parselleri tanımlanır ve tapu kütüğüne maliklerin isimleriyle birlikte yazılır. Arazi değişmeden yalnızca arazi sahibi değişirse tapu kütüğünde malik ismi değişir. Arazi parseli hakkında bilgi içeren tapu belgeleri malik tarafından da saklanabilir. İsviçre, Almanya, Türkiye, Fransa gibi ülkeler tapu tescil sistemini kullanmaktadır.

Kadastro; mülk devri ve düzenlemeleri, arazi vergilendirilmesi, arazi yönetimi gibi süreçlere yardımcı olabilmek için ortaya çıkmıştır. Mülkiyetin belirlenmesi, anlaşmazlıkların giderilmesi, taşınmaz yatırımlarına zemin oluşturulması, vergilerin düzene sokulması gibi toprak ve mülkiyet arasındaki ilişkilere yasal bir altyapı

sağlanmasıdır. Bir, devlet dairesi veya daireleri tarafından yönetilen, ülkedeki taşınmazları ve taşınmazlar üzerindeki hakları kaydeden, bir arazi idare sistemidir. Kadastro ile birlikte arazi parsellerinin konumları ve yüzölçümleri tanımlanır. Oluşturulan kadastro haritalarıyla birlikte parsellerin diğer parsellere göre konumu, adresleri ve geometrik durumu vb. özellikler belirtilir. Kadastro, mali ve yasal işleri düzene sokarak arazi yönetimine ve sürdürülebilir kalkınma sürecine katkı sağlar. Kadastro arazi ve taşınmaz anlaşmazlıklarında temel veri kaynağıdır. Arazi hakları özel devir işlemleri, tapu tescil sistemi ve tapu senet kaydı olmak üzere üç farklı sistemle kaydedilebilmektedir. Kadastronun yapısı sayesinde mühendislik ve yatırım projeleri daha işlevsel bir şekilde gerçekleşir. Kadastro sayesinde taşınmaz alışverişi daha kolay, güvenli ve ucuz bir şekilde gerçekleşir. Mülklerin yasal güvencesi sağlandığı için mülklerin yatırım değeri artar ve mülkler kredi gibi teminler için kaynak sağlayabilir hale gelir. Kadastroda mülkiyet ve sınırlar kesin olarak belirlendiği için komşuluk ilişkileri daha iyi seviyeye gelir ve davalar azalır. Aynı zamanda kadastro ile birlikte adaletli bir mülk vergi sistemi kurulabilir. Vergi kadastro, hukuki kadastro ve çok amaçlı kadastro olarak üç farklı kadastro çeşidi bulunmaktadır. Arazi hakları özel devir işlemleri, tapu tescil sistemi ve tapu senet kaydı olmak üzere üç farklı sistemle kaydedilebilmektedir. Farklı kadastro türleri bulunmaktadır. Deniz kadastro deniz alanlarının, menfaatlerinin ve kullanılma haklarının kayıt altına alınması, fiziksel olarak tanımlanmasına ve konum verileriyle işlemler yapılmasına olanak sağlayan sistemdir. Deniz alanlarının yönetilmesi açısından perspektif sağlaması; deniz alanlarının sınırları, sorumlulukları ve sahip olunan hakları kapsayan mekânsal bilgi altyapısı oluşturması deniz kadastrounun amaçlarıdır.

Arazi İdaresi; arazi yönetimi sırasında araziyle ilgili değer, kullanım bilgileri, sahiplik bilgilerinin oluşturulmasıyla kullanıcılara aktarılmasıdır. Zilyetliğin güvenli hale getirilmesi ve arazi pazarı daha etkin hale getirebilmek için gerekli bilgileri yönetebilmek arazi idaresinin temel görevidir. Arazi idare sistemi emlak vergisini destekler, mülkiyet güvencesini sağlar, kredi için güvence verir, devletin arazilerini korur, kırsal arazi ile ilgili reformları düzenleyerek kolaylaştırır ve arazi uyuşmazlıklarını büyük ölçüde azaltır.

Arazi Mülkiyeti; taşınmaz edinimini hakkında bilgiler ve taşınmazların tahsisi, kayıt edilmesi ve güvenliği; mevcut mülklerin değiştirilmesi ya da yeni mülklerin

oluşturulması; mülkün transfer edilmesi ve arazi mülkiyet haklarına ilişkin bilgilerin yönetimi ve yargılanmasıdır.

Arazi Yönetimi: arazi kaynaklarının kullanışlı hale getirilmesi için yapılan işlemlerdir. Arazi yönetimiyle birlikte araziyle ilgili kararlar alınır ve bu kararlar uygulanır. Arazi yönetimi mülkiyet değerlendirmesi, kamu altyapısının yönetimi ve arazi kullanım politikalarının oluşturulması gibi hususları içermektedir. Arazi yönetimi süreci arazi idaresinden daha geniştir. Arazi yönetimi; toplumun, ülkedeki arazi ve kaynaklarını, fiziki şehir ve kırsal planlamalarla, kurumlar ve arazi yasaları vasıtasıyla araziye daha verimli kullanabilmek için belirlenen politikaların uygulanması sürecidir. Arazi yönetimi süreci, taşınmazların değerlendirilmesini, kamuya dair taşınmaz altyapısının geliştirilmesini ve yönetilmesini, araziye daha verimli kullanabilmek için gerekli politikaların oluşturulmasını, mülkiyet transferlerini, arazinin kullanıldığı faaliyetlerin arazi kullanımını ne derecede etkilediğinin izlenilmesi ve orman, tarım veya toprak vb. arazi kaynaklarının yönetilmesi sürecini kapsar. Dünya'daki insan nüfusunun artmasıyla birlikte arazi kaynakları daha yoğun kullanılmaya başlanılmıştır. Arazi politikaları, arazi kullanım kontrolü, arazi hakları, ekonomik, mülkiyet gibi konuları içerir. Arazi yönetimi bir ülkenin kaynaklarının verimli yönetilmesini sağlayan bir süreçtir. Aynı zamanda arazi yönetimi süreci sosyal doğal ve teknik bilimleri bir arada olduğu çalışmaları gerektirir. bilimler, teknik ve do Arazi yönetimindeki işlem adımları, şu işlemleri içermelidir:

- Karar alınması ve faaliyete geçilmesi gereken yerlerin belirlenebilmesi için çevredeki bilgilerin toplanılması.
- Alternatif faaliyetleri içeren farklı modellerin planlanması.
- Bir faaliyetin belirlendiği ve izlendiği politik kararların belirlendiği adım.
- Seçilen faaliyetin uygulanması ve işlem sonuçlarının gözden geçirilerek değerlendirilmesi.

Mülkiyet Hakkı: Kurallar çerçevesinde sınırlandırılmış bir şekilde taşınmaz mal üzerinde istediği ölçüde kullanabilmesidir. Taşınmazı kullanma ve taşınmazdan elde edilen haklardan yararlanabilmedir. Taşınmazı istediği kişiye devretme, ipotek ve kiraya verme gibi hakları da içeren sahipliktir. Bu hak mülkiyet ile ilgili haklar değildir, mülke ait insan haklarıdır. Toplumu oluşturan bireylerin sahip olduğu mülkiyet hakkını özgürce kullanabilmesiyle her bir vatandaşın öz değer ve kimlik

duyguları artarak kendilerine ait özgürlük alanı oluşur. Mülkiyet hakkını sınırlama, sorumluluk ve sahiplik olmak üzere üç ana bileşenden oluşur. Sorumluluk ilkesini, sahip olunan mülkiyet hakkı sonucu oluşan vergi gibi sorumluluklar oluşturur Mülkiyetin devrinin avukat aracılığıyla düzenlenen belgelerle gerçekleşmesine özel devir işlemi denir. Devlet bu devir sırasında satıcının gerçek mülk sahibi olduğuna garanti vermez yalnızca yasal çerçeve sağlar (Yomralıoğlu, 2021).

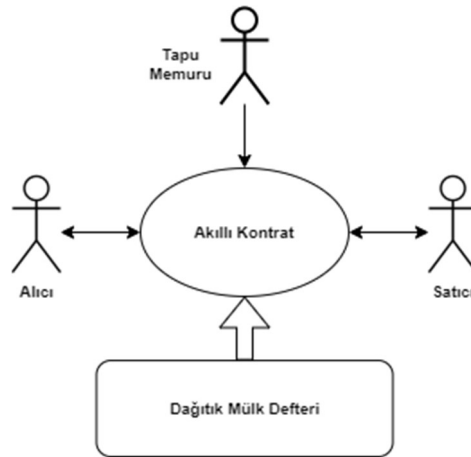


3. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Blokzincir teknolojisi, geleneksel sistemin getirdiği sorunlara karşı çözüm üretebilme potansiyeline sahiptir. Blokzinciri sistemi ile, dağıtık veri tabanını oluşturan tüm defterlerin tutarlılığı ve güvenliği konsensüs algoritmalarından yararlanılarak kriptografik yöntemlerle sağlanır. Blokzinciri teknolojinin temel özellikleri arasında ademi merkezîyetçilik, kalıcılık, anonimlik ve denetlenebilirlik yer almaktadır. Akıllı sözleşmeler sayesinde blokzincirinde arazi transferleri ve arazi kaydı gerçekleşebilir. Halihazır işlemlerin aksine akıllı sözleşmelerde işlemlerin doğru ve eksiksiz bir şekilde yürütülebilmesi için üçüncü tarafın müdahalelerine sürekli olarak ihtiyaç duyulmaz. Bu özellikler sayesinde akıllı kontratlar kullanılarak gayrimenkul yönetiminde düşük maliyet, gelişmiş verimlilik ve güvenilirlik sağlanabilir. Bu bağlamda web arayüzü kullanılarak akıllı kontrat oluşturulmuştur. Gerçekleştirilen çalışmadaki amaç, akıllı kontrat kullanılarak gayrimenkul alışverişi ve tescil sürecini gerçekleştirmektir. Konsensüs sürecine katkıda bulunabilecek, katılımcıları kısıtlayan özel ve izinli bir blokzinciri sistemin kullanılması uygun görülmüştür. Bu çalışma, çifte harcama gibi sorunlara karşı koyan ve tapu kayıtlarının neredeyse gerçek zamanlı olarak güncellenmesini sağlayan tapu sicil sistemi için bir çerçeve önerilmiştir. Önerilen sistem, aynı zamanda çok daha az insan kaynağı gerektirdiğinden ve daha güvenilir olduğundan geleneksel sisteme göre de daha ekonomiktir.

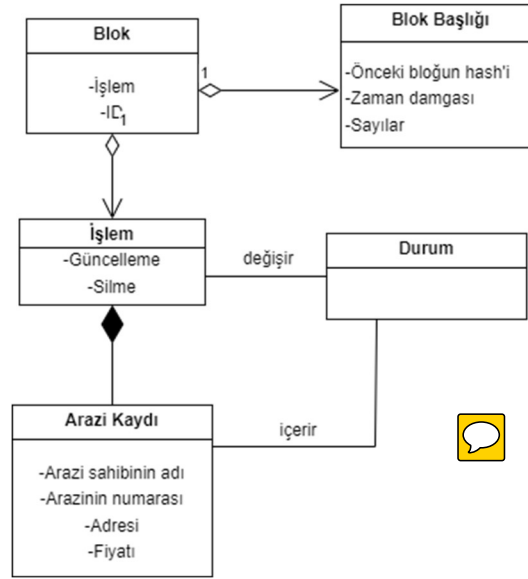
Gayrimenkul yönetimini akıllı kontratlar ile sağlayabilmek için oluşturulan akıllı sözleşmede, yalnızca sistemle etkileşime girmeye yetkili olan varlıklar erişim sağlayabilmektedir. Bu bağlamda, gayrimenkul kaydı verilerinin güvenliğini, bütünlüğünü ve izlenebilirliğini geliştirmek ve defter ile kimlerin etkileşime

girebileceğini kontrol etmek için izin verilen blokzincirleri kullanılmıştır. Akıllı sözleşmede aktörler vardır ve bu aktörlerin rolleri belirlenmiştir. Şekil 3.1’de görüldüğü üzere blokzincir teknolojisi ile etkileşime giren iki insan aktörü vardır. Bu aktörlerden birisi alıcı ve satıcı olmak üzere kullanıcıdır. İkinci aktör ise, izin verilen bir blokzinciri kullanıldığı için, blokzinciri operatörüdür. Blokzincir operatörü ağın tüm katılımcılarının mutabakatı temelinde işlemi doğrular ve onaylar. Sistem tamamen halka açılmamıştır. İlk adım olarak bir kullanıcı ve blokzincir operatörü olan tapu memuru bir arazi parçası kaydedeceği zaman sisteme giriş yapması gerekir. Giriş yaptıktan sonra aktörler, arazi parçasının tescili için bir talep başlatır. Sisteme sadece kayıtlı üyeler bakabilmektedir. Bir kullanıcı blokzincirine bir blok eklemek istediğinde, bu amaç için bir işlem oluşturmalıdır. Bir işlem oluşturulduğunda, özel blokzincirinin her düğümünde işlemin bir kopyası olacağından bir fikir birliği süreci gerçekleşir. Blokzincirde yer alan bloklardaki düğümler gerçekleşen her işlem için kendi defterindeki sahip olduğu verileri kontrol eder. Eğer blokların çoğunluğu verileri doğrularsa, fikir birliği tamamlanır ve veriler blokzincire eklenir.



Şekil 3.1 : Blokzincir taşınmaz kaydı modeli.

Blokzincir tabanlı tapu sicillerinin sürecini anlamlandırabilmek için **şekil 3.2’de** görüldüğü gibi bir veri modeli oluşturulmuştur. Veri modelinde blokta gerçekleşen işlemler ve bu işlemlerin ID’si bulunurken, işlemin içinde güncelleme ve silme özellikleri bulunur. Herhangi bir blok/işlem doğrulanmadığında silinir, diğer işlemler ise doğrulanabilir sonuç olarak güncellenmiş olur. Tapu sicilinde arazi sahibinin adı, adresi, arazinin tapu numarası ve arazinin alanı bulunur. Aynı şekilde blok başlığı, son bloğun adresine ve bloğun zaman damgasına sahip olur.



Şekil 3.2 : Veri bloğu modeli.

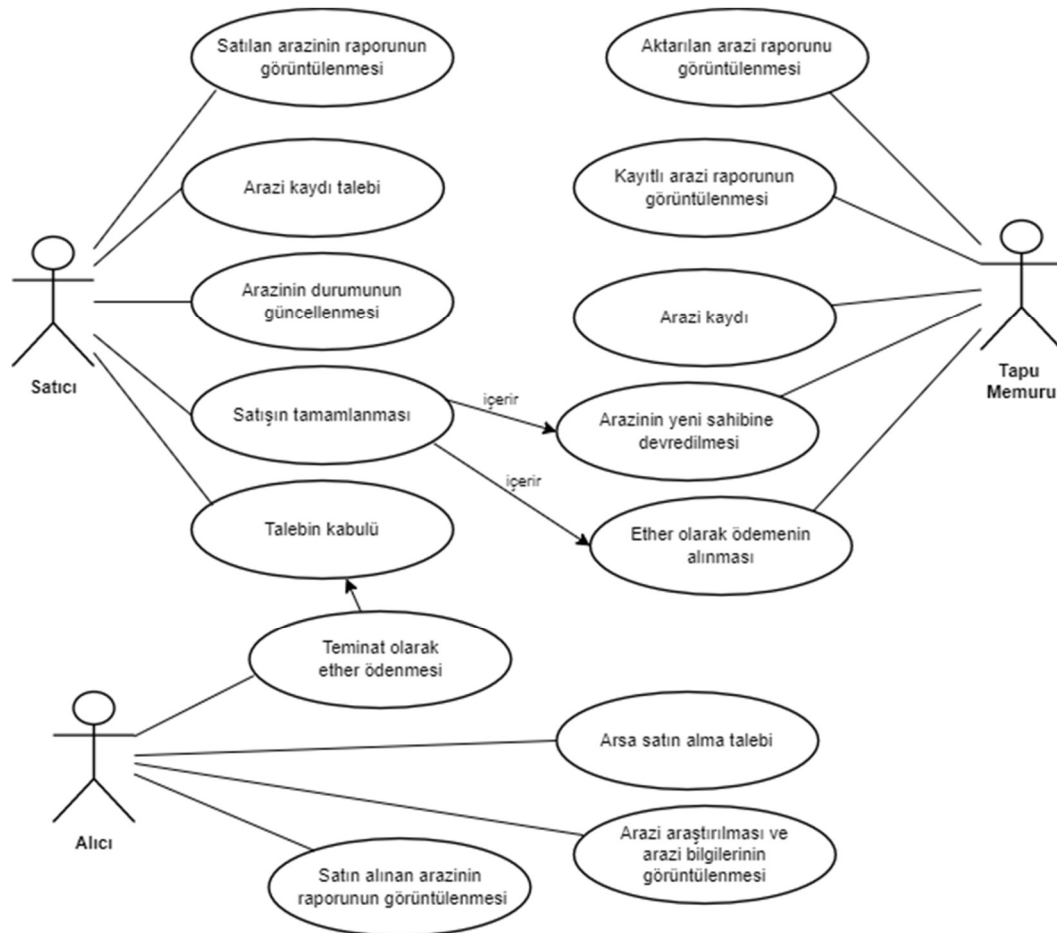
Gayrimenkul yönetiminde blokzincir teknolojisinin uygulanmasıyla birlikte, gayrimenkul alım satımındaki işlem adımlarının güvenliği, şeffaflığı ve gerçekleşme süreci gelişir. İlk olarak, alıcı istediği araziye seçebilir, görüntüleyebilir ve arsa satın almak isteyebilirler. Alıcı, satıcıyla yapılan akıllı sözleşmedeki anlaşmaları onaylayarak, satıcıya dijital olarak ether aktarabilir. Paranın alıcıya geçmesinin ardından arazi mülkiyeti akıllı sözleşme kullanılarak alıcıya devredilir. İşlem doğrulandıktan sonra, zincire yeni bir blok eklenerek gerçekleştirilen işlemin kaydı ağda yer alır. Çizelge 3.1'in sol tarafındaki sütunda arazi kaydı, satılık arazi arama, arazi satın alma talebi, ödeme işlemi ve devir işlemi gibi geleneksel tapu işlevlerini görülmektedir. Tablonun sağ sütununda ise geleneksel tapu işlevleriyle eşleşen akıllı sözleşmenin işlevleri yer almaktadır.

Çizelge 3.1 : Güncel tapu sistemi süreci ile akıllı sözleşme arasındaki eşleştirme.

Geleneksel Tapu İşlevleri	Akıllı Kontrat İşlevleri
Arazi Kaydı	Adım 1: Satıcı, anlaşmayı ve sözleşmeyi tamamlayarak mülkü blokzincir ağına kaydeder. Adım 2: Mülk bilgileri kaydedilir ve isteyen herkes mülkün temel bilgilerini görebilir.
Satılık Arazi Arama	Adım 1: Alıcı, arazinin benzersiz dize kimliğini girerek istediği araziye aratabilir. Adım 2: Sistem, arazinin fiziksel adresini ve sahibinin Ethereum cüzdan adresini listeler.

Arazi Satın Alma Talebi	Adım 1: Satıcı ve alıcı, akıllı kontratta yer alan sözleşme satış şartlarını kabul eder.
	Adım 2: Alıcı, temel bilgileri, mülk bilgileri ve ödeme bilgileri gibi temel bilgileri sözleşme için doldurur.
	Adım 3: Sözleşme, satıcının e-postasına gönderilir ve her iki tarafın da dijital imza kullanarak sözleşmeyi imzalaması istenir.
Ödeme İşlemi	Adım 4: Her iki taraf da sözleşmeyi imzaladıktan sonra, arazi mülkiyeti transferini başlatmak için akıllı sözleşme tetiklenerek Ethereum blokzincirine yeni kayıt eklenir.
	Adım 1: Alıcı, mevduat tutarını akıllı sözleşmeye aktarır.
	Adım 2: Alıcı, satın alma fiyatının geri kalanını akıllı sözleşmeye aktarır.
Devir İşlemi	Adım 1: Satıcı, işlemi onaylayarak satışı tamamlar.
	Adım 2: Satıcı, sattığı mülkün tam ödemesini alır.
	Adım 3: Mülk sahipliği alıcıya aktarılır ve blozincir ağına kaydedilir.

Akıllı kontrat ile oluşturulan arazi kayıt sisteminin kullanım senaryosu diyagramı  Şekil 3.3'de yer almaktadır. Şekildeki diyagramda görüldüğü üzere blokzincir teknolojisiyle oluşturulan arazi kaydı yönetim sisteminde gayrimenkul sahibi, satılan arazinin raporlarını görüntüleyebilir, arazi tescil talebinde bulunabilir, tapu sözleşmesi belgesini imzalayabilir, arazi durumunu güncelleyebilir, satışı tamamlayabileceğini ve arazisini satma talebini kabul edebilir. Alıcı tarafı ise depozitoyu ödeyebilir, arazi satın almak için talepte bulunabilir, arazi arayabilir ve satın alınan arazinin raporlarını görüntüleyebilir. Tapu dairesi ise devir ve tescil işlemlerini görür, raporlar ve araziyi sisteme kaydeder.



Gayrimenkul yönetiminde blokzincir teknolojisinin kullanılması doğrultusunda önerilen çerçeveyi doğrulayabilmek için ethereum akıllı sözleşmeleri kullanarak solidity yazılım dili aracılığıyla Remix IDLE web servisi üzerinden **şekil 3.4**'teki gibi akıllı kontrat yazılmıştır. Solidity diliyle Ethereum ağında akıllı kontrat yazılan platformda iki adım vardır. Yazılan akıllı sözleşmenin Remix IDLE programında çalışacağı sürüm seçilir. Sürümün seçilmesinin ardından Remix IDLE, akıllı sözleşmeyi çalıştırarak olası hataları kontrol eder ve hata yok ise akıllı sözleşmeyi çalıştırır. Kod sorunsuz çalışırsa yazılan akıllı sözleşme "deploy" adımına tabi tutulur. Akıllı sözleşmenin çalışabilmesi için bir JavaScript sanal makinesi kullanılır ve gaz limit değeri 30000 olarak ayarlanır. Blokzincire akıllı kontratlar aracılığıyla işlem ekleme adımı **şekil 3.5**'de görülmektedir. "Sözleşmeleri dağıt" düğmesine tıkladığımız zaman blokzincirinin durumu değişir ve sözleşmelerin katılımcılar tarafından doğrulanması için tamamen değiştirilmiş bir arayüz ortaya çıkar. **Şekil 16**, sözleşmelerin dağıtılmasından sonra blokzincirindeki durum geçişini gösterir.

```

1  pragma solidity ^0.4.25;
2  contract MulkSahipligi {
3      string public MulkIsmi="hamdibey mah. gun cad. no70";
4      string public Sahibi="AykutKırlı";
5      uint private SosyalGuvenlik;
6      uint public satis_fiyati;
7      bool public satis_icin_uygunluk ;
8      uint constant minimumSatisFiyati=100000;
9      function setIsim(string MulkunIsmi,string SahibininIsmi, uint sosyalguvenlik)public{
10         MulkIsmi = MulkunIsmi;
11         Sahibi=SahibininIsmi;
12         SosyalGuvenlik=sosyalguvenlik;
13     }
14     function satis_degerini_Belirleme(uint satis_Degeri) public{
15         satis_fiyati=satis_Degeri;
16     }
17     function arazinin_satilabilirliğini_belirlemek () public{
18         if (satis_fiyati >= minimumSatisFiyati) satis_icin_uygunluk =true;
19         else satis_icin_uygunluk =false;
20     }
21     function sahipligin_Degisimi (string adi, uint sosyalguvenlik) public{
22         if(satis_icin_uygunluk){
23             Sahibi=adi;
24             SosyalGuvenlik =sosyalguvenlik;
25         }
26     }
27 }

```

Şekil 3.4 : Remix IDLE kullanılarak yazılan 1. akıllı kontratın tamamı.

The screenshot shows the 'DEPLOY & RUN TRANSACTIONS' panel in the Remix IDE. It contains the following settings:

- ENVIRONMENT:** JavaScript VM (London)
- VM:** (selected)
- ACCOUNT:** 0xAb8...35cb2 (100 ether)
- GAS LIMIT:** 3000000
- VALUE:** 0 Wei
- CONTRACT:** MulkSahipligi - contracts/kontrat2.s

Şekil 3.5 : Akıllı sözleşme dağıtım ayarlarının ekran görüntüsü.

Mülkün ve güncel sahibinin ismi diğer akıllı kontratlar tarafından okunabilmesi için public koduyla ve “string” olarak oluşturulmuştur. Akıllı kontratta yer aldığı üzere “AykutKırlı” isimli bir toprak sahibinin “hamdibey mah. gun cad. no70” adında bir arazisi vardır. Kodun yalnızca bulunduğu fonksiyonda çalışabilmesi için private kodu aracılığıyla tam sayı olacak şekilde sosyal güvenlik numarası oluşturulmuştur. Aynı zamanda kontrat üzerinde mülk için sabit bir minimum satış fiyatı belirlenmiştir. Akıllı kontrat üzerinde mülkün güncel ismi ve sahibi yer almaktadır. Şekil 3.6’da görüldüğü üzere “MulkSahipligi” adında kontrat oluşturulmuştur. Fonksiyonlar çalıştırılmadan önce “MulkIsmi”, “Sahibi”, “satis_fiyati”, “satis_icin_uygunluk” çağırılırsa mülk sahibinin isminin aynı kaldığı ve mülk transferinin henüz gerçekleşmediği görülmektedir.



MULKSAHIPLIGI AT 0XD7A...F771B (N)

arazinin_satilab...

sahipligin_Degisimi

adi: string

sosyalguvenlik: uint256

transact

satis_degerini_Belirleme

satis_Degeri: uint256

transact

setlsim

Mulkunismi: string

Sahibininismi: string

sosyalguvenlik: uint256

transact

Mulkismi

0: string: hamdibey mah. gun cad. no70

Sahibi

0: string: AykutKırlı

satis_fiyati

0: uint256: 0

satis_icin_uygu...

0: bool: false

Şekil 3.6 : Taşınmaz transferinin gerçekleşmesinden önce fonksiyonların çağırılması.

“MulkSahipligi” kontratı deploy edildikten sonra Şekil 3.7’de görüldüğü gibi “setlsim” fonksiyonu aracılığıyla mülkün güncel sahibinin ismi, mülkün ismi ve sosyal güvenlik numarası bilgileri işleme dahil edilir. “satis_degerini_Belirleme” fonksiyonu aracılığıyla mülkün satış değeri işleme dahil edilir. Eğer satış değeri kontratta

belirlenen minimum satış fiyatından az ise “arazinin_satilabilirliğini_belirlemek” fonksiyonu işleme dahil edilmesinden sonra “satis_icin_uygunluk” değeri çağırıldığında “false” değeri döner. Böylece mülk transferi gerçekleşmemiş olur. Belirlenen satış değeri minimum satış değerinden fazla olursa şekil 3.8’de görüldüğü üzere “satis_icin_uygunluk” değeri çağırıldığında işlem “true” olarak döner. İşlemin “true” olarak çağırılmasından sonra “sahipligin_Degisimi” fonksiyonu aracılığıyla mülkün yeni sahibinin adı ve sosyal güvenlik numarası girilir. Mülkün sahibini değiştirebilmek için “sahipligin_Degisimi” fonksiyonu işleme dahil edilir.

satis_degerini_Belirleme

satis_Degeri: "99999"

transact

setlsim

Mulkunismi: "hamdibey mah. gun cad. no70"

Sahibininismi: "AykutKırlı"

sosyalguvenlik: "010170561"

transact

Mulkismi

0: string: hamdibey mah. gun cad. no70

Sahibi

0: string: AykutKırlı

satis_fiyati

0: uint256: 99999

satis_icin_uygu...

0: bool: false

Şekil 3.7 : Akıllı sözleşme dağıtım ayarlarının ekran görüntüsü. Satış için uygunluğun “false” olarak dönmesi.

MULKSAHIPLIGI AT 0XD7A...F771B (M)

arazinin_satilab...

sahipligin_Degisimi

adi: "AliSenli"

sosyalguvenlik: 010170561

transact

satis_degerini_...

uint256 satis_Degeri

setlsim

string Mulkunismi, string Sat

Mulkismi

0: string: hamdibey mah. gun cad. no70

Sahibi

0: string: AliSenli

satis_fiyati

0: uint256: 110000

satis_icin_uygu...

0: bool: true

Şekil 3.8 : Akıllı sözleşme dağıtım ayarlarının ekran görüntüsü. Satış için uygunluğun “true” olarak dönmesi.

Akıllı kontratta yer alan fonksiyonlar aracılığıyla satış değeri, yeni sahibin adı ve sosyal güvenlik numarası işleme girildikten sonra mülk transferi tamamlanmış olur. Şekilde de görüldüğü üzere akıllı kontrattan mülkün ismi, sahibi, satış fiyatı ve satış için uygunluk durumu çağırıldığı zaman mülkün sahibinin değiştiği ve belirlenen fiyat doğrultusunda mülk transferinin gerçekleştiği görülmektedir. Akıllı sözleşmenin başarılı bir şekilde çalıştırılıp dağıtılmasından sonra işlem kaydedilmiş olur. Bir kullanıcının " hamdibey mah. gun cad. no70" arazi parçasını satın alma talebinden sonra izin verilen blokzinciri düğümünde doğrulama yapılarak akıllı kontratlarla aracılığıyla tapu sicil kaydı işlemi tamamlanır ve böylelikle arazinin sahibi değişmiş olur. Bu işlemlerin ardından blokzincirde yer alan blok güncellenerek gerçekleşen

işlemleri bünyesinde barındırmaya başlar. Mülkün yeni sahibi “AliSenli” olmuştur. İşlem blokzincir üzerinde yer aldığı için çalıştırılan her bir fonksiyonun şekil 3.9’da görüldüğü gibi hash değeri vardır. Aynı zamanda fonksiyonların çalıştırılabilmesi için gaz değeri ödendiği görülmektedir.

```
[vm] from: 0xAb8...35cb2 to: MulkSahipligi.sahipligin_DegisiMi(string,uint256) 0xD7A...F771B value: 0 wei data: 0xa37...00000 logs: 0 hash: 0x228...026da
status true Transaction mined and execution succeed
transaction hash 0x2284be5587046786b20897aa6b8ec266f6ce1f84433b9a1f30d018dbf2a026da
from 0xAb8483f64d9c6d1ecf9b049ae677d0315835cb2
to MulkSahipligi.sahipligin_DegisiMi(string,uint256) 0xD7ACd2a9FD1596698b102A1ca21C9a3e3a5F771B
gas 36091 gas
transaction cost 31383 gas
execution cost 31383 gas
input 0xa37...00000
decoded input {
  "string adi": "AliSenli",
  "uint256 sosyalguvenlik": "10170561"
}
decoded output {}
```

Şekil 3.9 : Akıllı sözleşmenin başarıyla dağıtıldığını gösteren çıktı

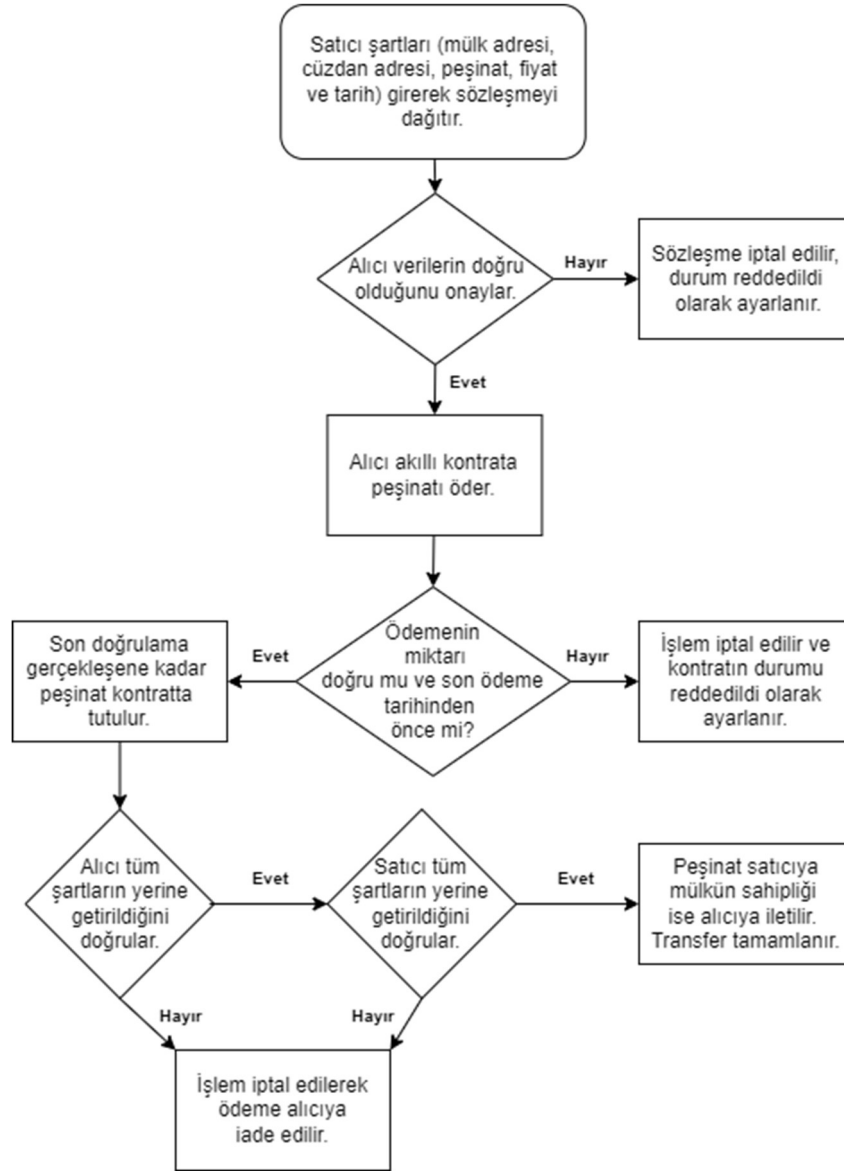
Mülk satın almak için geleneksel süreç birden fazla aracıyı içerir. Bu araçlar işlem sürecini yavaşlatır ve alıcı ve satıcı için maliyet yükünü artırabilir. Mevcut gayrimenkul transferi sisteminde arabulucular gerekmektedir. Arabulucular olmadığı zaman iki taraf da güven duygusu eksikliği yaşadığı için ödeme yapmaya ve mülkü transfer etmeye çekinmektedir. Gayrimenkul yönetimi farklı işlem yöntemlerine sahip bir sektördür. Remix IDLE web servisi kullanılarak 2. Akıllı kontrat örneği gerçekleştirilmiştir. Bitirme projesi kapsamında, akıllı kontrat aracılığıyla gerçekleşen mülkiyet transferiyle birlikte gayrimenkul kaydı blokzincire aktarılmıştır. Gerçekleştirilen literatür taramasıyla birlikte gayrimenkul transferinde gerçekleşen sorunları çözmek için oluşturulan 2. akıllı sözleşme, minimum aracıyı içerecek şekilde oluşturulmuştur. Bir mülkün transferinde alıcı ve satıcı bulunmaktadır. Alıcı ve satıcı arasındaki anlaşma şartları akıllı sözleşmeye aktarılmaktadır. Akıllı sözleşme, bir ev sahibi ile eve talip olan alıcı arasındadır. Akıllı sözleşme satın alma sözleşmesinin imzalanmasını, satın alma bedelinin zamanında ödenmesini ya da tarafların ticaretten vazgeçmesiyle birlikte işlemlerin iptalinin gerçekleşmesini sağlar.

Blokzinciri üzerinde her kullanıcının genel ve özel anahtarı yer almaktadır. Özel anahtarlar cüzdandaki varlıklara erişmek ve sahip olunan varlıkları kontrol edebilmek için kullanılır. Genel anahtar ise cüzdanda yer alan dijital varlıkları göndermek ve almak için kullanılan adreslerdir. Akıllı kontratı deploy edebilmek için alıcı ve

satıcının genel adreslerinin kontrata girilmesi gerekmektedir. Hazırlanan akıllı kontrat ile yalnızca genel adresi girilen cüzdanlar etkileşime girebilmektedir. Bu sayede aracılara olan ihtiyaç büyük oranda ortadan kalkarken, alıcı ve satıcı, sözleşme ve işlem sürecinin ilerleyişini kontrol ederken, kötü niyetli faaliyetlerin de riskini azaltmaktadır.

Mevcut gayrimenkul alım satım süreçlerindeki güven süreci noter, avukat gibi üçüncü tarafların arabuluculukları sayesinde gerçekleşmektedir. Akıllı kontratlar ile gayrimenkul alım satımının sorunsuz gerçekleşebilmesi için akıllı kontrat üzerinde ödeme gerçekleşmeden önce iki taraf da anlaşma şartlarının doğru olduğundan emin olmalıdır ve gerekirse anlaşmayı ret edebilmelidir. Anlaşma şartlarının yerine getirilmediğini gören tarafın sözleşmeyi ret etmesinden sonra sözleşme son bulabilir. Şartların doğruluğunu kontrol eden alıcı herhangi bir üçüncü tarafa ve alıcıya güvenmek zorunda kalmadan akıllı kontrat üzerinde ön ödemeyi gerçekleştirebilmektedir. Akıllı sözleşme, belirli koşullar yerine getirilene kadar alıcı tarafından ödenen ücreti elinde tutar ve alıcı ödemeyi doğrulamazsa, ödeme otomatik olarak alıcının cüzdanına iade edilir. Bu sayede alıcı sürecin herhangi bir aşamasında ödediği peşinatı geri alabilir. Gayrimenkul alıcıya, peşinat ise akıllı sözleşmeden satıcının hesabına aktarılmadan önce iki taraf da tüm şartların yerine getirildiğini dair son bir doğrulama yapması gerekmektedir. İki taraf da tüm işlemleri doğrularsa akıllı sözleşme şartları yerine getirilir. Gayrimenkul transfer süreci şekil 3.10'daki iş akışında görüldüğü üzere tamamlanmış olur.





Şekil 3.10 : Gerçekleştirilen 2. akıllı kontrat için iş akışı diyagramı.

Akıllı sözleşme geliştirme platformu olarak ise Ethereum ağı seçilmiştir. Ethereum, blokzincir ağı üzerinde akıllı sözleşme geliştirilen ilk ve en popüler platformdur. Halka açık bir blokzincir olan Ethereum üzerinde herkes işlem yapabilir ve yapılan işlemleri görebilir. Ethereum ağı üzerinde yer alan bilgiler değiştirilemediği için gayrimenkullerin mülkiyetini kaydedebilmek için kullanılabilirken bilgilerin doğruluğundan da emin olunabilir. Ethereum ağı üzerinde akıllı kontrat yazılırken, yerel akıllı sözleşme geliştirme dili olan Solidity kullanılır. Solidity ile yazılan akıllı kontratlar Ethereum blokzinciri ağında yer alan bloklara yerleştirilebilir. Solidity ile yazılan akıllı kontratlar Ethereum sanal makinesinde çalıştırılır. Solidity dili ile yazılan akıllı kontratların çalıştırılarak Ethereum bloklarında yer alabilmesi için gaz ve ether

gerekmektedir. Ethereum akıllı kontrat geliştiricileri akıllı sözleşmelerini Remix IDE adlı açık kaynaklı web sitesinde yazarak sanal bir ortamda çalıştırmasına ve test etmesine olanak sağlamaktadır. Remix IDE sayesinde yazılan akıllı sözleşme gaz ve ether harcanmadan test edilerek sanal bir Ethereum blokzincirine yerleştirilebilir.

Akıllı kontrata alıcı ve satıcıların cüzdan adresleri doğru eklenildiği sürece sözleşme amaçlandığı gibi çalışmaktadır. Akıllı kontrata doğru adresler yüklenirse cüzdan adresleri yalnızca yüklenen alıcı ve satıcı kontratla etkileşime girebilir. Yanlış cüzdan adresleri yüklenirse sözleşme bozulur, akıllı kontrat başarısız olur ve güvenlik üzerinde endişe edilecek herhangi bir durum oluşmaz.

Alıcı taraf, sözleşme şartlarını doğrulayabilmeli veya reddedebilmelidir. Akıllı sözleşmenin yürürlüğe girmesinden sonra alıcı tarafın cüzdan adreslerini, mülk adresi, fiyat, son tarihler vb. gibi şartların doğru olduğunu doğrulaması gerekir. Doğrulırsa, sözleşme bir sonraki aşamaya geçer. Alıcı, şartların yanlış olduğunu görürse, sözleşmeyi reddedebilir ve böylece tüm sözleşmeyi iptal edebilir. Bilgilerin doğruluğu manuel olarak kontrol edilir. Eğer şartlar reddedilirse sözleşme iptal edilerek tarafların akıllı sözleşme üzerindeki etkileşimi sona erer.

Alıcı, gayrimenkul alımı sırasına ödemesi gereken peşinatı doğrudan satıcıya değil akıllı kontrata öder. Bu şekilde alıcı ve satıcılar arasındaki güvensizlik ve üçüncü kişiye olan gereksinim ortadan kaldırılır. Alıcının gerçekleştirdiği ödeme, iki taraf için de nihai koşullar sağlanana ve iki taraf için de doğrulanana kadar akıllı sözleşme sayesinde güvenli bir emanet sistemi olarak tutulur. Peşinat satıcıya iletilmeden ve sözleşme kesinleşmeden önce, alıcı nihai bir doğrulama yapabilir. Bu doğrulama, satıcının sözleşmede kendisine düşeni yerine getirdiğini ve işlemin tamamlanabileceğini doğrulamak içindir. İşlemler doğrulanırsa ödeme alıcıdan satıcıya iletilir. Alıcı, koşulları doğrulamadığında akıllı kontrattaki fonksiyonlar ücretin alıcı hesabına iade edilmesine ve işlemin iptal edilmesini sağlar. Aynı durum, satıcının son teslim tarihlerini kaçırmaması gibi önceden tanımlanmış şartlar karşılanmadığında da meydana gelir ve akıllı sözleşme otomatik olarak ön ödemeyi alıcıya iade eder.

Akıllı sözleşme, Remix IDE sanal ortamında solidity dili ile oluşturulmuştur. Bu sayede gerçek eter kullanılmadan akıllı sözleşme test edilmiştir ve çalıştırılmıştır. Şekil 10'da JavaScript sanal makinesinin kullanıldığı ortam ayarları gösterilmiştir. Bu

ortam içinde sanal bir blokzincirinin simülasyonuna izin verilir ve sözleşme çalıştırılır. İlk olarak kontratı gerçekleştirecek olan alıcı ve satıcı için Remix IDE servisinin sağladığı sanal ether'e sahip cüzdanlar belirlenmiştir. Akıllı kontrat ile yalnızca alıcı ve satıcı için belirlenen, başlangıçta 100 ether'e sahip olan cüzdanlar etkileşime girebilir.

Satıcı adres: 0x4B20993Bc481177ec7E8f571ceCaE8A9e22C02db

Alıcı adres: 0x78731D3Ca6b7E34aC0F824c42a7cC18A495cabaB

Anlaşmanın şartları şekil 3.11'deki "deploy" kısmında gösterildiği gibi dağıtımdan önce anlaşmaya yüklenmiştir. Bu aşamada alıcı ve satıcının ethereum cüzdanları girilmiştir. Akıllı kontrat ile transferi gerçekleşmesi planlanan mülkün adresi yer almaktadır. Mülkün değeri ve peşinat değeri eter para değeri biriminden verilmiştir. Son transfer ve peşinat tarihleri unix zaman dilimi cinsinden verilmiştir. Unix zaman dilimi olarak girilen tarihler 30 Mayıs 2022 ve 30 Mayıs 2023 tarihini ifade etmektedir. İşlemlerin gerçekleşmesi için ödenecek olan gaz değeri gaz limit kısmından 3000000 olarak ayarlanarak akıllı kontrata girilmiştir. Gereğinden fazla gaz değeri girilmesinin herhangi bir sakıncası yoktur çünkü kullanılmayan gaz değerleri kullanıcıya geri dönmektedir.



ENVIRONMENT

JavaScript VM (London)

VM

ACCOUNT

0x4B2...C02db (99.9999999)

GAS LIMIT

3000000

VALUE

0

Ether

CONTRACT

MulkTransferKontrati - contracts/d

DEPLOY

_SATICI: 0x48209938c481177ec7E8f571c

_ALICI: 0x78731D3Ca6b7E34aC0F824c4

_MULKADRESI: "hamdibey mah. gün cad. no70"

_FINALFIYATI: 80

_PESINAT: 20

_PESINATSONTARIHI: 1653940800

_TRANSFERSONTARIHI: 1685476800

transact

Şekil 3.11 : Akıllı sözleşme dağıtım ayarlarının ekran görüntüsü.

Akıllı kontrat ‘transact’ edildikten sonra başarılı bir şekilde çalışmıştır. Remix IDE sayfasının alt kısmında akıllı kontratın başarılı bir şekilde dağıtıldığı çıktı olarak yazılmıştır. İşlemin ayrıntıları şekildeki 3.12’deki gibi görülmektedir. Kontratın başarıyla dağıtıldığı belirtilir. İşlemin hash değeri oluşur. İşlemin başarılı bir şekilde dağıtılabilmesi için ödenen gaz değeri görülmektedir.

```
✓ [vm] from: 0x482...C02db to: MulkTransferKontrati.(constructor) value: 0 wei data: 0x608...00000 logs: 0 hash: 0x50b...4ee43

status      true Transaction mined and execution succeed
transaction hash  0x50b75e98d1eebe1c3970a91fb79bbd71731b04a7aa9d17a4eb3e81c34e4ee43
from        0x40209930c481177ec7E8f571ceCaE8A9e22C02db
to          MulkTransferKontrati.(constructor)
gas         1141581 gas
transaction cost 992679 gas
execution cost  992679 gas
input        0x608...00000
decoded input {
  "address _satıcı": "0x40209930c481177ec7E8f571ceCaE8A9e22C02db",
  "address _alıcı": "0x78731D3Ca6b7E34aC0F824c42a7cC18A495caba0",
  "string _mulkAdresi": "hamdibey mah. gün cad. no70",
  "uint256 _finalFiyatı": "80",
  "uint256 _pesinat": "20",
  "uint256 _pesinatSonTarihi": "1653940800",
  "uint256 _transferSonTarihi": "1685476800"
}
```

Şekil 3.12 : Akıllı sözleşmenin başarıyla dağıtıldığını gösteren çıktı

Kontrat “deploy” edildikten sonra “mulktransferkontrati” adlı akıllı kontrat oluşur. Şekil 3.13’de görüldüğü gibi oluşan arayüzde “alıcı”, “mulkunSahibi” ve “satıcı” durumları çağırılırsa satıcı ile mülkün sahibinin aynı ethereum cüzdan adresi olduğu görülmektedir. Alıcının ise farklı bir ethereum cüzdan adresine sahip birisi olduğu görülür. Transferin başarılı bir şekilde gerçekleşebilmesi için alıcı ve satıcının doğrulanması gereken fonksiyonlar da “bool confirmed” olarak görülmektedir.



MULKTRANSFERKONTRATI AT 0X688

aliciKontratiDo... bool confirmed

aliciKosullariDo... bool confirmed

AliciPesinatiOder

satıcıKosullariD... bool confirmed

alici

0: address: 0x78731D3Ca6b7E34aC0F824c42a7cC18A495caba8

islemDurumuG...

0: uint8: 0

mulkunSahibi

0: address: 0x48209938c481177ec7E8f571ceCaE8A9e22C02db

satıcı

0: address: 0x48209938c481177ec7E8f571ceCaE8A9e22C02db

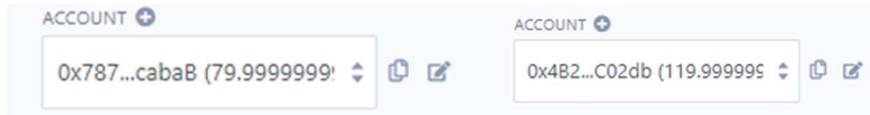
state

0: uint8: 0

Şekil 3.13 : Taşınmaz transferinin gerçekleşmesinden önce fonksiyonların çağırılması.

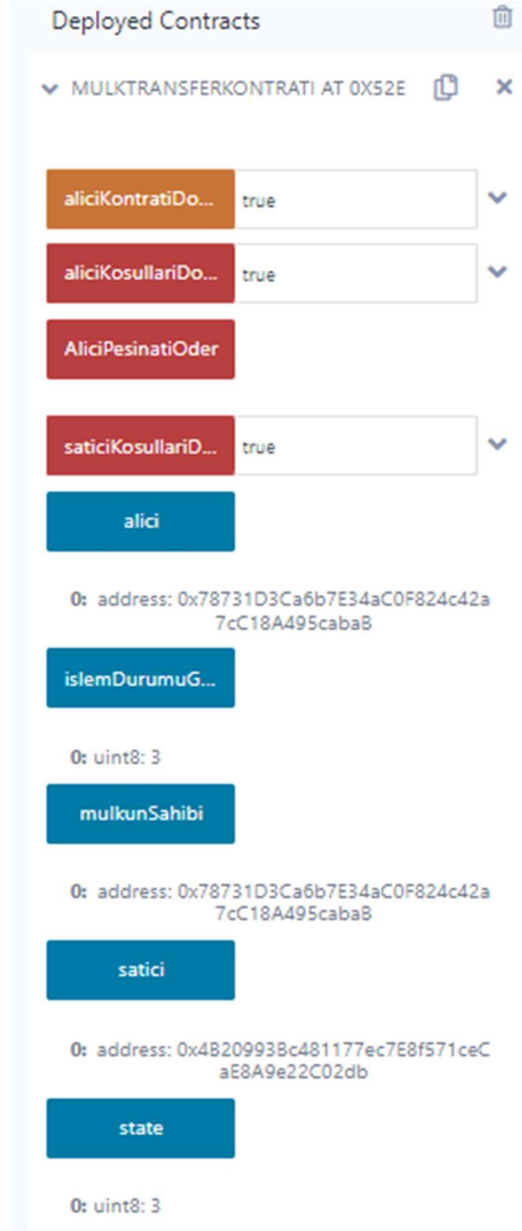
Kontrat başarıyla çalıştırılıp dağıtıldıktan sonra hesap, alıcı olarak değiştirilir. Akıllı kontratın başarılı bir şekilde çalışabilmesi için alıcı, satıcı tarafından yüklenen şartları akıllı kontratta yazılan `aliciKontratiDogrular()` fonksiyonu aracılığıyla 'true' olarak doğrulaması gerekir. Alıcı dağıtılan kontratı doğrulamak istemezse "false" değerini girer. Alıcının kontrat şartlarını doğrulayıp sözleşmeyi başlatabilmesi için fonksiyonun içerisinde `require` kalıbı kullanılır. Alıcının kontrat şartlarını doğrulamasının ve işlemin başarılı bir şekilde yürütülmesinin ardından alıcının "AliciPesinatiOder" fonksiyonunu çalıştırması gerekir. "Require" kalıbı kullanılarak alıcı tarafından ödenen peşinatın yeterli olup olmadığı ve son tarihten önce ödenip ödenmediği doğrulanır. Gerekli koşullar sağlanmazsa işlem iptal edilir. Şartlar sağlanırsa alıcı tarafından ödenen peşinat alıcının hesabından eksilerek akıllı kontrata aktarılır. Alıcı tarafı son olarak "aliciKosullariDogrular" fonksiyonu aracılığıyla son kez koşulları doğrulama imkanına sahiptir. Eğer alıcı koşulları doğrulamazsa ödediği peşinat akıllı kontrattan hesabına iade edilir. Alıcıdan sonra satıcı tarafı da

“satıcıKosullarıDogrular” fonksiyonu kullanarak koşulların yerine getirildiğini “true” olarak doğrulamalıdır. Son durumda alıcı ve satıcı tüm koşulları doğruladığı için 20 etherlik peşinat ödemesi satıcıya geçerken, mülkün sahipliği ise alıcıya geçer. Şekil 3.14’de görüldüğü üzere taşınmaz transferinden önce iki cüzdanın da 100 ether para birimi varken taşınmaz transferinden sonra alıcı hesabın cüzdanında 20 ether eksilirken satıcı hesabın cüzdanına 20 ether aktarılmıştır. Alıcıyla satıcı arasındaki mülkiyet transferi ve mülkiyet kaydı akıllı kontrat aracılığıyla blokzincire aktarılır. Şekil 3.15’de görüldüğü üzere “mulkunSahibi” fonksiyonu çağrıldığı zaman mülk sahipliğinin değiştiği ve satıcının değil de alıcının cüzdan hesabının mülke sahip olduğu görülmektedir. Akıllı kontratta yapılan her işlem kontratta yer alan fonksiyonlar aracılığıyla başarılı bir şekilde çalıştırılmış, çağırılmış ve test edilmiştir. Her işlemin çalışması için ne kadar gaz kullanıldığı, oluşturulan hash değeri ve hangi cüzdanlar arasında gerçekleştiği gibi değerler konsolda şeffaf olarak görülmüştür. Akıllı kontratın tamamı şekil 3.16, 3.17, 3.18 ve 3.19’da verilmiştir.



Şekil 3.14 : Taşınmaz transferinin ardından cüzdanlarda bulunan ether miktarının ekran görüntüsü.





Şekil 3.15 : Taşınmaz transferinin gerçekleşmesinden sonra fonksiyonların çağırılması.

```

1  // SPDX-License-Identifier: GPL-3.0
2  pragma solidity 0.6.12;
3  contract MulkTransferKontrati {
4      //stakeholders
5      address payable public alici;
6      address payable public satici;
7
8      enum islemDurumu {
9          Initiated, DataVerified,
10         ConditionsConfirmedBuyer,
11         Complete, Rejected }
12
13     islemDurumu public state;
14
15     struct mulkDetaylari {
16         string mulkAdresi;
17         //satıcı ile aynı, işlem şartları yerine getirildiğinde alıcıya devredilir
18         address payable mulkSahibi;
19         uint finalFiyati;
20         uint pesinat;
21         uint pesinatSonTarihi;
22         uint transferSonTarihi;
23     }
24
25     mulkDetaylari mulk;
26
27     constructor(
28         address payable _satıcı,
29         address payable _alici,
30         string memory _mulkAdresi,
31         uint _finalFiyati,
32         uint _pesinat,
33         uint _pesinatSonTarihi,
34         uint _transferSonTarihi)
35     public {
36         require(_pesinat <= _finalFiyati,
37             "Peşinat, mülkün final fiyatından az olmalıdır.");

```

Şekil 3.16 : Remix IDLE arayüzü kullanılarak yazılan 2. akıllı kontrat örneğinin 1.kısım.



```

39         satıcı= _satıcı;
40         alıcı =_alıcı;
41
42         setmulkDetaylari(_mulkAdresi,_satıcı,_finalFiyati,
43         _pesinat, _pesinatSonTarihi,_transferSonTarihi);
44
45         state = islemDurumu.Initiated;
46     }
47
48     function setmulkDetaylari(
49         string memory _mulkAdresi,
50         address payable _satıcı,
51         uint _finalFiyati,
52         uint _pesinat,
53         uint _pesinatSonTarihi,
54         uint _transferSonTarihi)
55     private {
56         mulk=mulkDetaylari(_mulkAdresi, _satıcı, _finalFiyati,
57         _pesinat, _pesinatSonTarihi, _transferSonTarihi);
58     }
59 }
60
61 function alıcıKontratiDogrular(bool confirmed) public {
62     require(msg.sender ==alıcı, "Alıcı şartları doğrulamalıdır");
63     require(state ==islemDurumu.Initiated, "sözleşme başlatılmalıdır.");
64     if(confirmed){
65         state= islemDurumu.DataVerified;
66     } else {
67         state = islemDurumu.Rejected;
68     }
69 }
70
71 uint downPaymentReceived;
72
73 function AlıcıPesinatiOder() public payable {
74     require(msg.sender == alıcı, "Peşinat alıcı tarafından gönderilmelidir.");
75 }

```

Şekil 3.17 : 2. akıllı kontrat örneğinin 2. kısmı.

```

76     require(state==islemDurumu.DataVerified,"sözleşme koşulları doğrulanmalıdır.");
77
78     //Gönderilen değer, peşinat ile final fiyatının arasında olmalıdır..
79     require(msg.value/(1 ether)>=mulk.pesinat && msg.value/(1 ether)<= mulk.finalFiyati,
80     "gönderilen değer, peşinatın büyük veya eşit ve final fiyatından küçük veya ona eşit olmalıdır");
81
82     //Ödeme, kararlaştırılan son tarihten önce gönderilmelidir.
83     require(block.timestamp <= mulk.pesinatSonTarihi,
84     "peşinat için son tarih geçtiği için işlem iptal edildi.");
85     downPaymentReceived= msg.value;
86 }
87
88 function aliciKosullariDogrular(bool confirmed) public payable {
89     require(msg.sender==alici, "Alıcı, koşulların yerine getirildiğini doğrulamalıdır.");
90     require(block.timestamp <= mulk.transferSonTarihi, "Transfer son tarihi geçti.");
91     if(confirmed) {
92         state=islemDurumu.ConditionsConfirmedBuyer;
93     } else {
94         //koşullar yerine getirilmediyse alıcıya peşinat iade edilir.
95         alici.transfer(downPaymentReceived);
96         state=islemDurumu.Rejected;
97     }
98 }
99
100 function saticiKosullariDogrular(bool confirmed) public payable{
101     require(msg.sender==satıcı&& state == islemDurumu.ConditionsConfirmedBuyer,
102     "satıcı, alıcı işlemleri onayladıktan sonra koşulların yerine getirildiğini doğrulamalıdır");
103     require(block.timestamp <= mulk.transferSonTarihi,"Transfer son tarihi geçti.");
104     if(confirmed) {
105         finalizeTransfer();
106     } else {
107         cancelTransfer();
108     }
109 }
110 }

```

Şekil 3.18 : 2. akıllı kontrat örneğinin 3.kısmı.

```

112 /**
113  *Tüm koşullar sağlandığında veya sağlanmadığından private çağrılır.
114  * Ön ödeme satıcıya, mülkiyet alıcıya geçer
115  *işlem durumu tamamlandı olarak ayarlanır.
116  */
117
118 function finalizeTransfer() private {
119     satıcı.transfer(downPaymentReceived);
120     mulk.mulkSahibi=alici;
121     state=islemDurumu.Complete;
122 }
123
124 /**
125  *peşinat alıcıya geri aktarılır ve işlem iptal edilir.
126  *işlem durumu reddedildi olarak ayarlanır.
127  */
128 function cancelTransfer()private{
129     alici.transfer(downPaymentReceived);
130     state=islemDurumu.Rejected;
131 }
132
133 /**
134  * public view methodu çağrılarak mülkün mevcut sahibinin kim olduğu görülebilir.
135  */
136 function mulkunSahibi() public view returns(address){
137     return mulk.mulkSahibi;
138 }
139
140
141 /**
142  * işlemin hangi durumda olduğunu görmek için public view methodu çağrılır.
143  */
144 function islemDurumuGoster()public view returns(islemDurumu){
145     return state;
146 }
147 }
148 }

```

Şekil 3.19 : 2. akıllı kontrat örneğinin 4. kısmı.

4. BULGULAR

Gayrimenkul yönetimi için geliştirilen akıllı kontratların başarılı bir şekilde oluşturulabilmesi ve yapılan çalışmalar kapsamında oluşturulan 1. akıllı kontrat örneği için ilk olarak gayrimenkullerin blokzincirinde nasıl kullanılabileceği araştırılmış ve akıllı kontratlar kullanılarak gerçekleştirilen arazi kaydı ve arazi transferleri incelenmiştir. Ardından akıllı kontrat yazılarak blokzinciri üzerinde arazi kaydı ve arazi transferi yapılmıştır. Arazi mülkiyetinin bir kişiden diğerine nasıl aktarılacağı Ethereum blokzinciri platformu kullanarak birden fazla test edilmiştir. Arazi kayıt sistemi için özel blokzincirinin nasıl kullanılabileceğini gösterilmiştir. Geleneksel sistemlerin aksine arazi transferi ve kaydı manuel olarak değil de akıllı sözleşmeler yardımıyla gerçekleşmiştir. Arazinin detayları akıllı kontrat üzerinde tescil edilir ve tanımlanır. Akıllı kontratla iletişime girilerek, tanımlanan fiyat ödendiğinde arazi sahipliği değişerek arazi transferi gerçekleşmiş olur. İşlemlerin doğruluğu blokzincirde konsensüs algoritmaları aracılığıyla sağlanır. Böylece gerçekleşen işlemlerin detayları Ethereum bloklarında, dağıtık defterlerde yer alır ve merkeziyetsiz olarak kaydedilmiş olur. Blokzincir aracılığıyla arazi transferinin ve arazi kaydının gerçekleşebiliyor olması, gelecekte tüm tapu işlemlerinin blokzincir teknolojisi ile gerçekleşebileceğine dair fikirler vermektedir. Akıllı kontratlarla birlikte arazi transferi süreci otomatikleşir ve blokzincire kaydedilir. Değerlendirme için blokzincir ve geleneksel sistemler gayrimenkul yönetimini karşılaştırmak gerekirse geleneksel arazi kaydı ve transferi sonucu oluşan veriler merkezileştirilmiş veri depolarında, sunucularında yer alır ve saklanırken blokzincir teknolojisinde merkezi olmayan bir veri depolama sistemi vardır. Merkezi olmayan sistem kullanılarak, arazi kaydı verilerinin güvenliği kolayca tehlikeye atılamaz. Blokzincir teknolojisiyle birlikte arazi kaydı verileri daha güvenilir, kullanılabilir ve izlenilebilir hale gelir.

Akıllı sözleşme, herhangi bir aracı olmaksızın bir mülkün alıcısı ve satıcısı arasında doğrudan eşler arası işlemlere izin verir. Akıllı sözleşme, bir mülkün peşinatını güvenli bir şekilde ödemek için kullanılabilir. Müteakip mülkiyet devri, akıllı kontratlar sayesinde blokzincirine güvenli bir şekilde kaydedilir. Yapılan çalışmalar kapsamında oluşturulan 2. akıllı kontrat örneğinde mülkiyet kaydı işlemi, “mulkunSahibi()” fonksiyonu kullanılarak, mülkün mülkiyetinin değiştiğini ve mülkün artık alıcının genel anahtarına ait olduğunu gösterir. Akıllı sözleşmenin sağladığı güven

doğrultusunda alıcı, belirli koşulların yerine getirilmemesi durumunda geri alınabileceğini bilerek ön ödemeyi güvenli bir şekilde öderken, satıcı ise peşinat ve belirli koşullar yerine getirildiğinde, mülkiyet devrinin gerçekleşebileceğini ve parasını alabileceğine güvenir. Akıllı sözleşmelerin gerçekleştirilmesi için ether ödenmesi gerektiği için ether dijital para biriminin piyasadaki değişikliklere bağlı olarak fiyatının ani olarak değişimi yaşayabilmesinin iki taraf için de dezavantaj yaratabileceği unutulmamalıdır. Ethereum kripto para biriminin en değerli 2. kripto para olmasından dolayı işlem hacimleri yüksektir bu nedenle etherini normal paraya çevirmek isteyen birisi çok büyük likitide problemi yaşamayacaktır. Sonuç olarak akıllı sözleşme çalıştırılarak arazi tescili işlemi, sanal bir Ethereum blokzincirine yerleştirilmiştir ve bir mülk transfer ve kayıt işlemi tamamlanmıştır.

Ethereum blokzincirinde akıllı sözleşme geliştirilmesinin ana amacı bir mülk üzerindeki peşinat ödemesini kolaylaştırarak mülkiyet devrini ve kaydını blokzincire kaydetmektir. Sözleşme sanal ortamda belirlenen parametreler kullanılarak birden fazla çalıştırılmıştır ve her seferinde aynı işlem maliyeti karşılığında fonksiyonlar gerçekleşmiştir. Sözleşmeyi “deploy” etmenin ve her bir temel işlevi yerine getirmenin belirli gaz maliyetleri bulunmaktadır. Gerçekleştirilen tüm fonksiyonlar hata almadan başarılı bir şekilde Remix IDE sanal ortamında çalıştırılarak sanal Ethereum bloklarına yerleştirilmiştir. Maliyet ve benzeri nedenlerden dolayı akıllı sözleşmelerin geleneksel yaklaşımlara karşı uygulanabilir bir alternatif olduğunu söylemek mümkündür. Ancak, gerçekleştirilen prototipin sanal veriler ve sınırlı işlevsellik ile uygulandığı gözden kaçırılmamalıdır. Akıllı kontratları ticari ve gerçek kullanım için uygun hale gelebilmesi için ek işlevsellik ve güvenlik önlemlerinin uygulanması gerekmektedir. Ethereum akıllı sözleşme maliyetleri akıllı kontrat üzerinde yürütülen fonksiyonlara dayandığından dolayı akıllı sözleşmelere ek işlevsellik ve güvenlik önlemleri eklendiğinde fonksiyon sayısı artacağından maliyet de artacaktır. Bu nedenle fazla gaz ücreti ödememek için solidity dili kullanılarak yazılan akıllı kontratın gereksiz fonksiyon çalıştırmaması ve ölçeklenebilir olması gerekmektedir. Aynı zamanda solidity yazılımı, yeni gelişen bir yazılım dili olduğu için bu yazılım dilini diğer dillere göre daha az bilen vardır. Bu nedenle nitelikli yazılımcı bulma sıkıntısının zamanla aşılacağı düşünülmektedir. Toplumu oluşturan bireyler klasik tapu ve noter sistemlerine güvendiği ve alıştığı için dijital ortamda, dijital cüzdanlarla,

dağıtık veri kullanarak daha hızlı gerçekleşen taşınmaz transferi ve kaydına zamanla güvенеcektir.

Akıllı sözleşmeler önceden kodlanmış koşulları otomatik ve özerk bir şekilde uygulamak için tasarlanır. Blokzincir üzerine kaydedilen verilerin değiştirilememesi bazı durumlarda dezavantaj yaratabilmektedir. Akıllı sözleşme bir kez uygulandıktan sonra değiştirilememektedir. Ayrıca, akıllı sözleşmelerin “deploy” edilmeden önce, oluşabilecek güvenlik kusurları için titizlikle test edilmesi gerekmektedir. Blokzincire eklenen veriler değiştirilemediği için dağıtıldıktan sonra bir güvenlik açığı bulunursa, hiçbir yama yüklenemediğinden akıllı sözleşme zarar görebilir, büyük olasılıkla kullanılamaz olur ve yerine yeni bir sözleşme yapılması gerekir. Bu nedenle akıllı sözleşmelerin dijitalleştirilmiş ve özerk doğası nedeniyle insanlar tarafından daha az müdahaleler yapılabileceği görülür.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerçekleştirilen çalışma, blokzinciri tabanlı tapu sicil sistemleri için kavramsal bir çerçeve sunmaktadır. Blokzinciri teknolojisi ile birleştirilmiş bir tapu sicili sistemi, gayrimenkul yönetimde büyük değişim yaratma potansiyeline sahiptir. Günümüzde arazi kaydı işlemleri merkezi bir yapıdan sürdürölmektedir. Sonuç olarak, bu merkezi arazi kaydı sistemleri, saldırıya uğrayabilir veya sahteliklerle karşılaşabilir. Blokzinciri tabanlı sistemle yalnızca izin verilen kişiler etkileşime girer ve tamamen dağıtık veri tabanlarına sahip blokzinciri tabanlı çözümler kullanılarak kötü senaryolara karşı daha hazırlıklı olunabilir.

İşlemlerin blokzincirinde gerçekleşmesiyle birlikte tüm süreç şeffaflık içinde yürütölür. Sisteme yetkisiz erişim olmadığı için sahtecilik ve yolsuzluk riski de çok düşüktür. Geleneksel sisteme kıyasla önerilen blokzincir tabanlı sistemde işlemler çok daha kısa sürede gerçekleşir. Belgelerin ve izinlerin tamamlanması içi gerekli olan prosedürlerin birçoğu blokzincir tabanlı sistemde gerekmemektedir. Bu sayede arazi kaydı sırasında büyük oranda fiziksel aktivite ve efor gerekmemektedir ve işler çok daha hızlı ilerleyebilmektedir. Merkezi otoritenin aksine verilerin ve işlemlerin doğruluğunu sürece katılan düğümler doğrular. Veriler merkezi bir sistemin aksine

dağıtık olarak bulunduğu ve veriler zaman damgası sahipliğiyle sıralı bir şekilde bloklarda yer aldığı için kaybolma ve bozulma riski de yoktur. Sonuç olarak, blokzincir teknolojisinin bilgi depolama, taşınmaz kaydı ve taşınmaz transferi için mevcut standart uygulamalardan çok daha üstün olduğu sonucuna varılabilir.

Gerçekleştirilen gayrimenkullerin mülkiyet işlemlerinde akıllı sözleşmelerden yararlanılabileceği görülmüştür. Blokzincir teknolojisinin merkezi olmayan yapısı sayesinde avukat, noter gibi güvenilir üçüncü taraflara ihtiyaç duyulmadan iki taraf arasındaki işlemleri doğrudan ve güvenle gerçekleştirebildiği görülmüştür. Üçüncü tarafların eksikliği sayesinde mülkiyet işlemleri uygun maliyetli, verimli ve daha hızlı gerçekleşir. Blokzincir üzerine kaydedilen veriler değiştirilememektedir. Veriler bloklara bir kez kaydedildikten sonra kaybedilmesi ve değiştirilmesi imkansızdır. Böylece akıllı sözleşmeler aracılığıyla gerçekleştirilen mülk işlemleri, mülk sahipliğini güvenli bir şekilde kaydedebilir. Bu sayede mülkiyetler üzerinde gerçekleştirilecek sahtekarlıklar azaltılır, mülkiyetlerin veri bütünlüğü sağlanarak gerçekleştirilecek anlaşmazlıklar büyük oranda azaltılır. Aynı zamanda mülkiyet ile ilgili veriler açık blokzinciri üzerinde rahatlıkla izlenebilir. Eğer izin verilen bir blokzinciri kullanılırsa blokzincirdeki veriler belirli bir kesimin izniyle incelenebilir hale gelir.

Bir dosyanın veya sözleşmenin vb. manipüle edilip edilmediğini denetlemek zordur ve büyük iş yükü gerektirir. Belgelerdeki değişiklikleri daha iyi denetleyebilmek ve analiz edebilmek için herhangi bir değişikliği kimin yaptığı, neden yapıldığı ve ne zaman yapıldığı kaydedilmelidir. Görevliler kayıt defterinde tespit edilemeyen değişiklikler yapabilir. Bir yöneticinin veya kuruluşun, bir muhasebecinin veya vergi dairesinin bu değişiklikleri kimin yaptığını ve ne zaman yapıldığını bilmesinin veya herhangi bir değişikliğin yapıldığını fark etmesinin pratik bir yolu bulunmamaktadır. Gayrimenkul kayıtlarının ve transferinin akıllı kontratlar aracılığıyla blokzincir üzerinden gerçekleşmesiyle birlikte mülk verilerinin takibi daha kolaylaşır. Dağıtık veri defterinde bulunan bilgilerin manipüle edilmesi ve değiştirilmesi imkansızla yakın olduğu için blokzincire kaydedilen verinin ilk kaydedildiği zamankiyle aynı olduğu kolaylıkla kontrol edilebilir. Dağıtık veri tabanı teknolojisiyle birlikte, gayrimenkul verilerin denetlenebilirliği ve kontrol edilebilirliği güvenilir bir çözümle sağlanmaktadır.

Tapu kayıtları için blokzincir teknolojisinin kullanılmasıyla birlikte araçların rolünün azalmasıyla, zaman ve maliyet açısından da kazanç sağlanırken işlem yapan taraflar

arasında da güven inşa edilir. Bloklarda yer alan her düğüm, işlemlere ilişkin eksiksiz bilgiye sahiptir ve herhangi bir zamanda herhangi bir blokta gerçekleşen işlemlerin geçmişini tutabilir. Bloklarda yer alan bilgilerin değiştirilemez oluşu ve verilerin birden çok düğümde bulunması sayesinde gayrimenkullerin güvenliği kolaylıkla sağlanabilir. Bloklardaki taşınmaz verisini değiştirebilmek için o veriyi taşıyan %51 bloğa salırması gerekir ve bu durum imkansızdır. Geleneksel sisteme kıyasla olası saldırılara karşı daha dirençlidir. Blokzinciri tabanlı sistemde veriler dağıtık olarak birden fazla düğümde saklandığı için verilerin güvenliğinden emin olunur. Gelişmiş ülkelerde taşınmaz verileri zaten güvendedir fakat gelişmemiş ülkelerde mülkiyet hakkı yolsuzluk, doğal afet, saldırı gibi nedenlerden dolayı sıkıntı yaşabilmektedir. Veriler dağıtık defterlerde depolandığı için arazi mülkiyeti konusunda yaşanan sıkıntılar önlenabilir. Gelişmiş ülkelerde ise taşınmaz işlemlerinde blokzincirinin kullanılması ile birlikte işlemlerin otomatik olarak yapılması, insanlar tarafından yapılabilecek hataların olasılığını azaltırken insan iş gücünü de hafifletir. Taşınmaz işlemleri daha hızlı gerçekleştiği için insanlar taşınmazlara yatırım yapmaktan çekinmez. Taşınmazlar daha kolay alıp satılan bir varlık haline gelir ve likititesi artar. Güveni sağlaması için aracı kurumlardan hizmet alınmasına ve ücret ödenmesine gerek kalmaz. Görüldüğü üzere tapu kaydı için akıllı kontratlardan yararlanılarak blokzincir teknolojisinin kullanılmasının birçok avantajı olur. Taşınmaz sektöründe blokzincir teknolojisinin tam olarak kullanılabilmesi için öncelikle bu teknolojinin özel sektörün farklı alanlarda benimsenerek kullanılması gerekmektedir. Toplumun bu teknolojiye aşinalığı artmalıdır. Halka, blokzincir teknolojinin faydaları ve geleceği nasıl şekillendirileceği anlatılmalıdır. Üniversiteler ve devletin kurumları aracılığıyla blokzincir girişimleri desteklenmelidir. Blokzincir teknolojisini anlayan ve proje gerçekleştirebilecek kalifiyeli bireyler yetiştirilmelidir. Geçmişten günümüze uygulanan geleneksel tapu sistemlerini bir anda bırakarak halkın tam olarak bilmediği, yeterli donanımına sahip çalışanların olmadığı bir teknolojiye geçiş yapmak başarısızlıkla sonuçlanacağı için blokzincirin tapu sistemine entegre edilmesi aşama aşama gerçekleştirilmelidir. Akıllı kontratlar için oluşabilecek hukuki durumlar gerekli merciler tarafından incelenerek hukuksal altyapının oluşturulması gerekmektedir. Devlet blokzincir teknolojisine yatırım yapmalı ve kripto paralar üzerinde regülasyon çalışmaları gerçekleştirmelidir. 10 yıllık bir plan oluşturularak taşınmaz sektörüyle blokzincir teknolojisi entegre edilmelidir.

KAYNAKLAR

- Ambrose, B. W., & Lusht, K. (2008).** Overview of the Commercial Real Estate Industry. 1–45.
- Ameyaw, P. D., & de Vries, W. T. (2021).** Toward smart land management: Land acquisition and the associated challenges in Ghana. a look into a blockchain digital land registry for prospects. *Land*, 10(3), 1–22. <https://doi.org/10.3390/land10030239>
- Blockchain Türkiye (BCTR) Platformu. (2019).** Blokzinciri Teknolojisi Terminoloji Çalışması. 1–32. https://bctr.org/wp-content/uploads/2019/07/BCTR_Blokzinciri_Teknolojik_Terimler.pdf
- Corluka, D., & Lindh, U. (2017).** Blockchain - A New Technology That Will Transform the Real Estate Market. Thesis, 74.
- Deloitte. (2017).** Blockchain in commercial real estate The future is here ! Table of contents. Deloitte Center for Financial Services, New York.
- Dijkstra, M. (2017).** Blockchain: Towards Disruption in the Real Estate Sector: An exploration on the impact of blockchain technology in the real estate management process. 104. <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Ab6ec7ece-e879-4ae3-8232-d8144ac2642d?collection=education>
- Don, B., Rajah, D., Ott, S., & Fromm, K. (2019).** Real Estate Use Cases for Blockchain Technology. 1(March), 1–20.
- Garcia-Teruel, R. M. (2020).** Legal challenges and opportunities of blockchain technology in the real estate sector. *Journal of Property, Planning and Environmental Law*, 12(2), 129–145. <https://doi.org/10.1108/JPEL-07-2019-0039>
- Goanta, C. (2020).** Selling LAND in Decentraland: The Regime of Non-fungible Tokens on the Ethereum Blockchain Under the Digital Content Directive. *Disruptive Technology, Legal Innovation, and the Future of Real Estate*, 139–154. https://doi.org/10.1007/978-3-030-52387-9_8
- Kaczorowska, M. (2019).** Blockchain-based land registration: Possibilities and challenges. *Masaryk University Journal of Law and Technology*, 13(2), 339–360. <https://doi.org/10.5817/MUJLT2019-2-8>
- Kalyuzhnova, N. (2018).** Transformation of the real estate market on the basis of use of the blockchain technologies: Opportunities and problems. *MATEC Web of Conferences*, 212. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201821206004>
- Kandiye, A. (2020).** Blokzinciri (blockchain) teknolojisinin inşaat sektöründe kullanımı (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- MENDİ, A. F., & ÇABUK, A. (2018).** BLOCKCHAIN COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ UYGULAMALARI. <https://doi.org/10.15659/uzalcbs2018.6362>
- Müller, H., & Seifert, M. (2019).** Blockchain, a feasible technology for land administration. *FIG Working Week: Geospatial Information for a Smarter Life and Environmental Resilience*, 10110, 22–26.



- Ngo, D. (2016).** IBERA Founders: Sleepy Real Estate Industry Wakes Up to Blockchain. Retrieved from IBERA: <https://ibrea.info/librarybackpage/2016/8/9/ibrea-founder-sleepy-real-state-industry-wakes-up-to-blockchain>.
- Nijland, M., & Veuger, J. (2019).** Influence of Blockchain in the Real Estate Sector: In Which Stage of the Buying Process of Commercial Real Estate can Blockchain Provide Added Value for the Stakeholders Involved? *International Journal of Applied Science*, 2(2), 22–40.
- Seuren, F. (2018).** Introducing Blockchain to Commercial Real Estate: Exploring the applicability of blockchain technology in lowering transaction costs of the commercial real estate due diligence process. 144. <https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid%3Ae5266e5c-3c2c-45fe-a5df-5e9d1f5fec3?collection=education>
- Sezer, H. (2019).** Gayrimenkul Sektöründe Blok Zincir Teknolojisinin Kullanımı Ve Akıllı Kontratların İncelenmesi. Istanbul Technical University.
- TANRIVERDİ, M., UYSAL, M., & ÜSTÜNDAĞ, M. T. (2019).** Blokszinciri Teknolojisi Nedir? Ne Değildir?: Alanyazın İncelemesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 203–217. <https://doi.org/10.17671/gazibtd.547122>
- Ünsal, E., & Kocaoğlu, Ö. (2018).** Blok Zinciri Teknolojisi: Kullanım Alanları, Açık Noktaları ve Gelecek Beklentileri. *European Journal of Science and Technology*, 13, 54–64. <https://doi.org/10.31590/ejosat.423676>
- Veuger, J. (2017).** Attention to Disruption and Blockchain Creates a Viable Real Estate Economy. *Journal of US-China Public Administration*, 14(5). <https://doi.org/10.17265/1548-6591/2017.05.003>
- Yomralıoğlu, T., (2021).** “Arazi Yönetimi”, Ders Notları Serisi (Yayınlanmamış), Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Yomralıoğlu, T., (2021).** “Kadastro”, Ders Notları Serisi (Yayınlanmamış), Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

EKLER

