

Kitabın bu bölümünün bu sürümü baskıdan önceki halidir. Kitabın açık erişimle paylaşılan son haline ulaşmak için:

https://bilgiguvenligi.org.tr/BGD/Siber_Guvenlik_ve_%20Savunma_Kitap_Serisi_5_Blokcincir%20ve%20Kriptoloji.pdf

Çalışmayı referans vermek için:

Enis Konacaklı, Enis Karaarslan, “Blokzincirinin Askeri Lojistik Takip Sistemlerinde Kullanılması”, Siber Güvenlik ve Savunma: Blokzinciri ve Kriptografi, p. 217-237, Nobel Yayınevi, 2021

Blokzincirinin Askeri Lojistik Takip Sistemlerinde Kullanılması

Enis Konacaklı, Enis Karaarslan

Blokzincir teknolojisi ilk olarak kripto paraların mimari altyapısı olarak tanınmıştır. Akıllı anlaşmaların kullanılmaya başlamasıyla finans sektöründen lojistik yönetime kadar pek çok alanda kullanım imkânı bulmuştur. Bu teknolojinin kuvvetli, güvenli, denetlenebilir ve daha sonra kanıtlanabilir kayıtlara büyük ihtiyaç duyulan Hava Kuvvetleri bünyesinde silah ve uçak teçhizatlarının lojistik yönetiminde kullanılması mümkündür. Bu çalışmada; blokzinciri teknolojisi kullanılarak silah, uçuşu destekleyen teçhizat ve uçak ana parçalarının lojistik kayıtlarının oluşturulabileceği ve takip edilebileceği bir model sunulmaktadır. Bu modelin askeri lojistik takip ve uygulamalarında kullanılabilirliği ile ilgili bir değerlendirmede bulunulmuştur. İleride yapılabilecek çalışmalarda konunun nasıl geliştirilebileceği ile ilgili çıkarımlar yapılmıştır.

5.1. Giriş

Blokzinciri, kripto paralarda kazandığı ün ve sağladığı güvenlik kolaylıkları sayesinde son on yıl içerisinde üzerinde en çok araştırma yapılan teknolojilerden biri olmuştur. Nakamoto'nun ortaya koyduğu teoremin ilk uygulaması Bitcoin[1] ve sonrasında bu teknolojiyi örnek alan diğer kripto para birimleri sayesinde herkes tarafından kullanılabilir bir teknoloji haline gelmiştir. Akıllı anlaşmaların blokzincir yapısını entegre edilmesi ile finans sektöründen lojistik yönetime kadar pek çok alanda kullanım imkânı bulmaktadır.

Blokzinciri veriyi ve güvenliğinin sağlanmak üzere farklı bir yaklaşım sergileyen dağıtık kayıt defteri mimarisini kullanır. Bu mimari aynı zamanda, graf ve dağıtık özet tablosu gibi veri yapılarında kullanılmaktadır[2,3]. Blokzincir türleri olarak ta anılan bu tür yapılarda da dağıtık kayıt defteri süreci işletilmektedir. Blokzincirini diğer güvenli sayısal mimarilerden üstün kılan en temel özellik, sahip olduğu kayıt defterine giren bilgilerin döngüsel olarak devamlı kriptolanması ile matematiksel olarak kırılması çok zor kriptografik bir sayısal zincir oluşturmasıdır. Her blok kendinden bir önceki bloğun özet değerini kullanarak kapatılır. Bu yapı ile blokzinciri kayıt defterinin silinmesinin ve değiştirilmesinin çok zor olduğu kabul edilir.

Lojistik sistem kayıtları terminaller tarafından oluşturulan, güvenli bir şekilde saklanan, işlenmek üzere analiz edilebilen veri kayıtlarından oluşur. Bu sistemlerin sağlıklı çalışması stok kontrol ve dağıtım

süreçleri için büyük önem arz eder. Silinmez ve inkar edilemez kayıtların oluşturulmasına büyük ihtiyaç duyulur. Lojistik yönetim sistemlerinin bu nitelikleri, blokzinciri çalışma prensiple ile büyük benzerlik gösterir. Bu sebeple blokzinciri teknolojisinin lojistik yönetim süreçlerinde kullanımını ele alan pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları günümüzde projelendirilmiş, bir kısmı ise aktif olarak kullanılmaya başlanmıştır. IBM'in Farmer Connect uygulaması ile Dammam ve Rotterdam limanlarında kullanılan blokzinciri tabanlı lojistik takip sistemleri bu teknolojinin hayata geçirilmiş en başarılı örneklerinden bazıları olarak gösterilebilir.

Hava gücü elastik bir kuvvet yapısındadır. Bu özelliği sayesinde 7 gün 24 saat mekandan bağımsız olarak harekate hazır bir kuvvet olma özelliği gösterir. Otomatize edilmiş ve ihtiyaçlara hızlı cevap verebilen bir lojistik yönetim yapısının ihtiyaç duyar. Yüksek ARGE, geliştirme, üretim ve temin maliyetlerine sahip bu sistemlerin lojistik yönetimde yaşanabilecek herhangi bir aksama hava hareketini olumsuz etkileyebilir, operasyonun başarısızlığına sebep olabilecek zincirleme bir etki oluşturabilir. Uygun şartlarda depolanmayan ve nakli sağlanmayan lojistik malzeme kullanılamaz hale getirebilir. Bu sistemlerin depolanma ve nakil işlemlerinin ne zaman ve hangi şartlarda gerçekleştirildiği daha sonra hukuki olarak değerlendirmeye tabi tutulmak üzere çeşitli soruşturmalara konu edilebilir.

Bu kitap bölümünde hava kuvvetleri lojistik sisteminin sahip olması gereken temel nitelikler özetlenmiştir. Blokzinciri teknolojisi anlatılmış, bu teknolojinin kullanımında karşılaşılan problemler ve çözüm önerileri ele alınmıştır. Akıllı anlaşmalar ve dağıtık kayıt defteri teknolojileri tanıtılmıştır. Blokzincirinin lojistik takip uygulamalarındaki kullanım alanları hakkında gerçekleştirilen diğer çalışmalarla ilgili bir literatür taraması yapılmıştır. Hava kuvvetleri lojistik sistemlerinin güvenliğinin artırılarak sonradan kanıtlanabilir inkar edilemez kayıtların oluşturulabileceği blokzinciri tabanlı bir model tasarlamaktır. Bu model üzerinde gerçekleştirilebilecek bir kayıt örneği HyperLedger Fabric platformu kullanılarak örneklenmiştir. Sonuç bölümünde önerilen modelin uygulanabilirliği ve diğer kuvvet lojistik takip sistemlerinde kullanılabilirliği ile ilgili bir değerlendirme yapılmış ve ileride yapılabilecek çalışmalarda konunun nasıl geliştirilebileceği ile ilgili çıkarımlarda bulunulmuştur.

5.2. Askeri Lojistik ve Bilgi Sistemleri

Askeri lojistik, askeri hareketi destekleyecek ekipman ve malzemenin planlanmasını, üretimini, tedarikini, dağıtımını, bakım idame ve yer değiştirmesini kapsayan süreçtir. Harekati başarıya ulaştırmak üzere ihtiyaç duyulan malzemeyi istenilen yerde, istenilen zamanda, istenilen durumda hazır bulundurma sanatı olarak da tanımlanabilir[4].

Teknolojinin hızla gelişmesi ve giderek artan entegrasyon ihtiyacı lojistik bilişim sistemlerini modern orduların vazgeçilmez bir parçası haline getirmiştir. Harekat üstünlüğünü elde etmek üzere lojistik yönetimini otomatize edilerek kaynakların süratli ve verimli bir şekilde kullanılması büyük önem arz eder. Bu sebeple günümüzde silahlı kuvvetlerin lojistik yönetiminde bilişim sistemleri etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

Hava gücü bir harekatta belirleyici ve sonuç alıcı güç konumundadır. Çevik, hızlı, elastik ve uzun menzil özellikleriyle; taktik, operasyonel ve stratejik seviyelerde hareketin sonucunu değiştirebilecek çok önemli bir etki alanına sahiptir. Yakından uzağa doğru verilen tüm görevleri icra edebilir. Tüm hedeflere süratli ve hatasız bir şekilde nüfuz edebilir. Tüm kuvvet yapılarında büyük öneme sahip olan lojistik, yüksek hızda karar verme ve 7 gün 24 saat mekandan bağımsız olarak harekate hazır bir kuvvet olma özelliği gösteren hava kuvveti açısından hatasız yönetilmesi gereken bir süreçtir. Harekati süratli ve sürekli destekleyebilmesi için hava kuvveti yüksek hızlı ve güvenilir bir lojistik sistemine ihtiyaç duyar.

Başarılı bir lojistik yönetim bilgi sistemi ihtiyaçları mevcut sarfiyat durumunu göz önünde bulundurarak öngörebilecek kabiliyette olmalıdır. Merkezi yönetimi desteklemeli ani çıkan ihtiyaçları hızlı bir şekilde karşılayabilecek bir altyapı sağlayabilmelidir. Yüksek ARGE, geliştirme, üretim ve temin maliyetlerine sahip hava sistemlerinin lojistik yönetiminde yaşanabilecek herhangi bir aksama hava hareketini

olumsuz etkileyebilir. Operasyonun başarısızlığına sebep olabilecek zincirleme bir etki oluşturabilir. Uygun şartlarda depolanmayan ve nakli sağlanmayan lojistik malzeme kullanılamaz hale getirebilir. Bu sistemlerin depolanma ve nakil işlemlerinin ne zaman ve hangi şartlarda gerçekleştirildiği daha sonra hukuki olarak değerlendirmeye tabi tutulmak üzere çeşitli soruşturmalara konu edilebilir. Bu sistemlerin başarılı bir şekilde hizmet edebilmeleri için tasarımlarında yukarıda belirtilen kriterlerin göz önünde bulundurulması büyük önem arz eder.

5.3. Blokzinciri

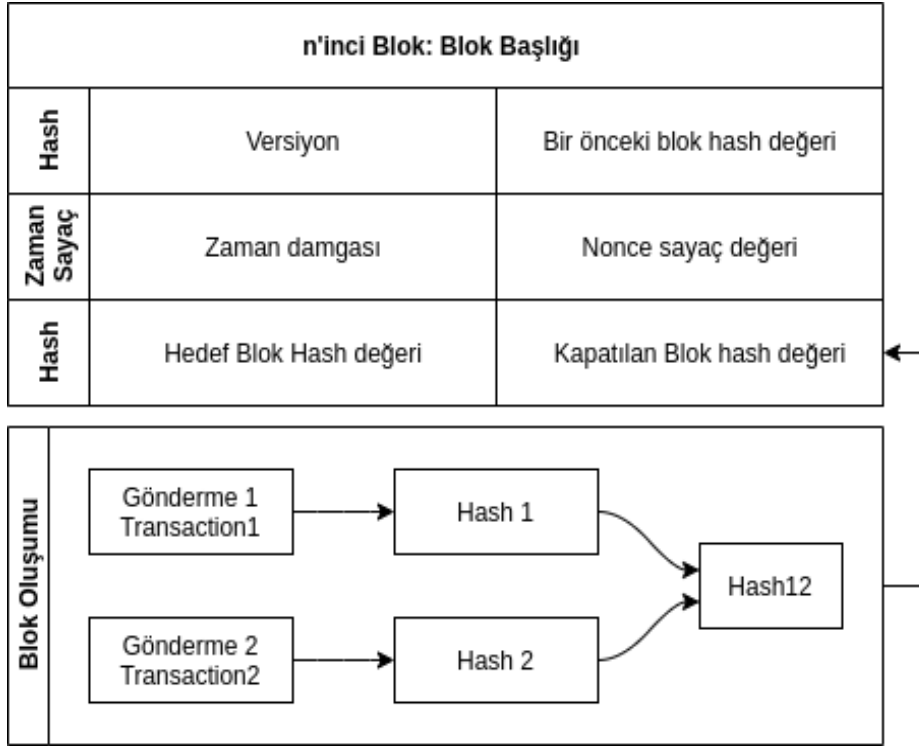
Blokzinciri kayıtları ardışık şekilde hash değerleri ile bağlandığından, silinmesi ve değiştirilmesi matematiksel olarak çok zor olan bir dağıtık kayıt defteri teknolojisidir. Nakamoto mahlası ile kaleme alınan "Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system" [1] isimli yayın ile ilk olarak bilim dünyasına tanıtılmış lider kripto para birimi Bitcoin ile ilk kez uygulamaya geçirilmiştir. Kripto para birimlerinin temel mimari yapısını oluşturmak üzere kullanılırken Ethereum blokzinciri platformu ile birlikte ilk kez blokların içerisine önceden belirlenmiş kuralları işleyen kodlar yazılmaya başlanmıştır. Akıllı anlaşma (smart contract) adı verilen bu yenilik ile çok farklı disiplinlerde kullanım alanı bulmaya başlamıştır[2,3].

Blokların kaydının tutulduğu yapılar kayıt defteri (ledger) olarak adlandırılır. En kısa anlatımı ile gerçekleştirilen gönderme işlemleri (transaction) toplanarak bir blok oluşturacak şekilde sıralanır. Kriptografik teknikler kullanılarak bu bloklar ardışık şekilde birbirine bağlanır. Böylece birbirini devamlı olarak takip eden ardışık ve güvenilir bir zincir yapısı oluşturulur. Kriptolama ve blokları kapatma işlemi ile bu işlemlerin yönetimi süreci blokzinciri tipi ve konsensüs protokolüne göre değişiklik gösterecektir.

Blokzincirinde işlenmekte olan bir bloğun yapısı şematik olarak Şekil 5.1.'de gösterilmiştir. Blok yapısı blokzincirinin tipine ve mimarisine göre değişiklik gösterebilir. Tüm yapılarda ortak olarak; versiyon bilgisi, zaman damgası, bir önceki blok hash değeri, kapatılan (bir önceki) bloğa ait hash değeri, nonce değeri ve hedef hash değeri bilgilerini içerir. Blokzinciri düğümlerinin hiyerarşik yapısı Şekil 3.'te özetlenmiştir.

Blokzincirinde kayıt defteri P2P yapıda eşler (düğümler) arasında eş zamanlı olarak tutulur. Bir eşin tuttuğu defterin aynısı diğer eşte de mevcuttur. Tutulmakta olan defterin boyutu eşlerin donanımsal özelliklerine uygun bir şekilde arasında hiyerarşik olarak dağıtılır. Eşler aynı anda hem sunucu hem de istemci olarak davranabilirler. Bu merkezi olmayan mimari dahilinde oluşturulan düğüm tipleri Şekil 5.2.'de özetlenmiştir. Eşler farklı donanıma ve farklı işlevlere sahip olabilir[4]. Defterin ne kadarının hangi eşte tutulacağı sahip olduğu donanım kapasitelerine göre belirlenir. Verilen örnek şekilde de anlatıldığı üzere; kullanılacak donanımın tam düğüm, masaüstü bilgisayarlarının yarım düğüm, mobil cihazların basit düğüm olarak nitelendirildiği görülmektedir. Bu yapı eşlere kapasitesine göre yük bindirilmesini ve maliyetlerin eşit olarak dağıtılmasını sağlar. Uygulamada, tutulmakta olan en düşük defter uzunluğu dahi eşin güvenliğini sağlamak için yeterli boyuttadır.

Yeni bloğu hangi düğümün yazacağı, hangi düğümün blok ödülünü hak edeceği (PoW yapısında) gibi durumlar; önceden belirlenmiş kuralları içeren konsensüs protokolleri (PoW, PoS, RAFT, IBFT vb) ile belirlenir[2].



Şekil 5.1. Blok Yapısı



Şekil 5.2. Hiyerarşik Düğüm Yapısı

Gerçekleştirilmesi planlanan bir projede hangi blokzinciri tipinin kullanılacağı, tasarım aşamasından önce planlanmalıdır. Yararlanılmak istenilen kolaylıklar hangi tip seçili için belirleyici kriterdir. İzinsiz blokzincir yapılarında en bilinen örneği Bitcoin'dir. Bu tip yapılarda kullanım kolaylığı için erişim ve hakkı her katılımcıya sağlanır. Bu tip kripto para birimlerinde herhangi bir kullanıcı ağa dahil olmak üzere herhangi bir kısıtlamaya uğramaz. Kullanıcıların kimlikleri niteliğindeki kullanıcı numaraları kendi anahtarları olarak işlem görür. Bu yapılarda maliyetler, enerji sarfiyatı çok yüksektir. Ölçeklenebilirlik ise oldukça düşüktür. Kullanılan blokzinciri tipinden istenen nitelik kapsamında gizlilik ve mahremiyetten bazı durumlarda taviz verilebilir.

Blokzincirinin farklı amaçlarla kullanıldığı kurumsal çözümlerde daha çok özel izinli veya hibrit yapılar tercih edilir. Özel izinli yapıların oluşturulmasında amaç, ağda tanımlı eşlerin belirli bir bilgiyi tam güven içerisinde paylaşmasıdır. Eşler ancak belirlenmiş olan otoritenin izni ile ağa dahil olabilirler. HyperLedger Fabric, Hyperledger Burrow, R3, Corda bu mimariye örnek verilebilecek platformlardır. Bu yapılarda gizlilik artarken maliyetler düşer. Bu durumda taraflar demokratik olmayan bir sistem içerisinde diğer eşlere uygulanan kuralları bilemeyeceğinden gizli anlaşma endişesi ortaya çıkabilir. Verim istenen amacı karşılayacak düzeylerde sağlanamaya bilmektedir. Hibrit yapılar ise kullanım amacına göre tasarım değiştirebilmek üzere kullanılırlar. Esnek bir kullanıma sahiptir. Bu mimari yapılarda ise birlikte çalışabilirlik (interoperability) ile ilgili problemler ortaya çıkabilmektedir.

5.3.1. Blokzincirinin Sağladığı Güvenlik Servisleri

Blokzincirinin sistem güvenlik ihtiyaçlarını karşılama durumu Tablo 5.1'de gizlilik (confidentiality), bütünlük (integrity) ve kullanılabilirlik (availability) maddeleri altında ele alınmıştır. Sağladığı güvenliğin derecesi blokzincir yapılarında kullanılan güvenlik protokolleri ve blokzincirinin amacına uygun olarak belirlenen konsensüs tipine göre değişiklik gösterir[3].

Tablo 5.1. Blokzincirinde Sağlanan Güvenlik Servisleri

| Sağlanan Güvenlik Servisleri | |
|------------------------------|---|
| Gizlilik | Blokları kapatırken kullandığı kriptolama fonksiyonu ile sağlamaktadır |
| Bütünlük | Yazılı veriyi bloklar arasında özet fonksiyonları ile kapatması ile sağlanmaktadır |
| Kullanılabilirlik | Bir veya birden çok eş ağa dâhil olmasa dahi diğer eşler üzerinden deftere erişimin sağlanabilmesi ile sağlanmaktadır |
| Kimlik Denetimi | Kullanılan açık anahtarlar yapısı ile sağlanmaktadır |
| Doğruluğun teyidi | Kullanıcı ve bilginin doğruluğunun teyidi sertifika yönetimi ve kayıt defterinin dağıtık yapısı ile sağlanır |
| Kanıtlanabilirlik | Sonradan kanıtlanabilirlik kayıt defterinin değiştirilemez yapısı ile sağlanmaktadır |
| İnkâr edilemezlik | Kayıt defterinin değiştirilemez yapısı ile sağlanmaktadır |

5.3.2. Yapısal Sorunlar

Blokzinciri teknolojisinin kullanımın kolaylıkları ve sağladığı güvenlik servislerinin yanında uygulamalardaki kısıtlamalarının da uygulama alanına göre iyi analiz edilmesi gerekir. Blokzinciri uygulamalarında göz önünde bulundurulması gereken problem sahaları aşağıda belirtilmiştir[5]:

- **Maliyetler (Enerji tüketimi, soğutma, donanım):** Blokzincirinin özellikle madencilik yapısını kullanan protokollerde (PoW) oldukça yüksek enerji tüketmesi ve pahalı fiziksel altyapıya ihtiyaç duymasındır.

- **Ölçeklenebilirlik ve hız:** Büyük miktardaki verinin onaylanabilmesi ve gönderilebilmesi işleminin tatmin edici ve gerekli hızda gerçekleştirilebilmesinin zorlukları.
- **Birlikte çalışabilirlik:** Diğer uygulama ve sistemlerle bütünleşik ve eşzamanlı çalışabilirlik ihtiyacı.
- **Post-Kuantum:** Kuantum hesaplama çağında kriptoloji zorlukları ve buna göre tasarım yapma ihtiyacı.
- **Mahremiyet:** Uygulamanın alanına göre istenen mahremiyet ve gizliliğin mimari yapı oluşturulmadan önce tanımlanmasının gerekliliği.

Bazı zafiyetler blokzincirinin tipine göre değişiklik göstermekle birlikte önemli güvenlik zafiyetleri ise şu şekilde özetlenebilir:

- **Gönderme sünmesi gecikmesi:** Özellikle kontrata bağlı göndermelerde kontrat şartlarının tam karşılanmaması durumunda göndermedeki gecikme olarak ifade edilir,
- **Ağ güvenliği:** He ne kadar güvenli bir yapı sağlasa da, farklı blokzinciri platformlarının farklı güvenlik açıkları bulunmaktadır. Örneğin; ağdaki hatanın bazen bencil madencilik (selfish mining) veya çift ödemeye sebebiyet verdiği görülebilir.
- **Mahremiyet:** Açık blokzincir yapılarında her eşin izin almadan ağa dahil olması sağlanırken gizlilik ve mahremiyetten ödün verilmek zorunda kalınabilir. Bu durum kullanılan blokzincir mimarisinin tasarım amacına ve ağ tipine göre bir problem olarak değerlendirilebilir. Bu durumda blokzincirinde kişisel verilerin tutulmamasını sağlayarak ve sıfır bilgi kanıt (zero knowledge proof) protokolleri kullanarak bu zafiyetler aşılabılır.
- **Akıllı anlaşmalardaki zafiyetler:** Akıllı anlaşmalardaki hatalı kodlar (bug) yanlış işlemlere sebebiyet verebilirler.
- **Suç Aktiviteleri:** Bitcoin ve özellikle mahremiyet tabanlı Monero gibi diğer kripto para birimleri harcama takibinin zorlaştırdığından bunlar suç unsurlarını finanse etmek için kullanılabilir.

Blokzincir uygulanacak modelde hız, mahremiyet ve güvenlik gereksinimleri göz önünde bulundurularak kullanılacak güvenlik ve konsensüs protokolleri belirlemelidir. Bu durumun dikkate alınmaması durumunda verimliliğin düşük olması veya modelin iyi gerçekleştirilememesi gibi sorunlarla karşı karşıya kalınması mümkündür.

5.3.3. Blokzincirine Gerçekleştirilebilecek Saldırıları

Blokzinciri teknolojisi sağlam bir güvenlik altyapısı sunmaktadır ama hiçbir sistem %100 güvenli olmadığı gibi, blokzincirinde de çeşitli saldırılar ve olası uygulama hataları bulunabilmektedir. Özellikle blokzinciri altyapısını kullanan kripto varlıkların (crypto currency) yüksek değerler kazanmasıyla bu altyapılar da kötü niyetli aktörlerin hedefidir. Karşılaşılan veya teorik olarak geliştirilebileceği değerlendirilen atak tiplerini öncelikle kripto varlıklara özgü ve genel saldırılar olarak iki ayrı kategoride toplamak mümkündür[5].

Kripto varlıklara ve PoW konsensüs protokolü kullanan ağlara özgü saldırıların başlıcaları aşağıdaki gibidir [22]:

- **%51 Saldırısı:** Bir organizasyonun veya kişinin PoW tabanlı blokzinciri altyapısının (ağ madenciliğinin) büyük çoğunluğunu kontrol edecek grafik işlemci gücüne (GPU) sahip olmasıdır. Bu durumda bu kişi sistemi kendi çıkarlarına göre kullanabilir, işlemlerin kabul edilip edilmemesine hükmedebilir. Bu durumda sistemin güvenilirliği kalmayacaktır. Herhangi bir otoritenin böyle bir güçte sistemde olmaması sağlanmalıdır.

- **Çift Harcama Saldırısı (Double Spending):** Kişinin eş zamanlı olarak iki kripto para harcaması yaparak sistemi yanıltma girişimidir. Bu tip saldırıları önlemek üzere; blokzincir ağında yalnızca harcanmayan kripto paranın, son göndermeyi takip eden işlemde kullanıldığından emin olunması gereklidir. Bu sebeple tüm işlemlerin madenci ağı dahilinde belirlenmiş kurallar dahilinde doğrulanması ve kayıt defterine işlenmesi önem taşır.
- **Bencil Madencilik (Selfish Mining):** Bazı madencilerin diğer madencileri aldatılarak, kaynaklarını blok bulma dışında harcamaları için yönlendirdikleri saldırıdır. Bu sayede kendi hak ettiklerinden daha büyük bir ödül elde edeceklerdir. Bu saldırıya karşı önlem olarak önerilen ZeroBlock tekniği veya işlenemez zaman damgaları (unforgeable timestamps) kullanılabilir. Diğer bir savunma yöntemi olarak, iki veya daha fazla madenciye eşit uzunlukta blokları çözmek üzere yönlendirilerek çıkar çatışması yaratan böylece bencil madenciye tespit etmeyi amaçlayan DECOR+ önerilmektedir.
- **Denge Saldırısı:** Teorik olarak dengelenmiş madencilik gücüne sahip madenci alt grupları arasındaki ağ iletişimini geciktirmeyi hedefleyen saldırıdır.

Genel saldırılar da aşağıdaki gibidir:

- **Liveness saldırısı:** İşlem onay süresini geciktirmek için gerçekleştirilen bir saldırıdır. Saldırgan dürüst eşlere karşı kendi özel zincirlerini oluşturmak üzere bir avantaj elde etmeye ve eşler arası güven ilişkisine karşı ağda avantaj sağlamaya çalışır. Daha sonra işlemi içeren gerçek bloğu geciktirmek üzere gelen işlemleri reddeder. Blokzinciri oluşturma sürecini ve ağın hızını yavaşlatır. Saldırı ilerledikçe ağda yaratılan etki zincirleme olarak genişler.
- **Özel Anahtar Saldırısı:** Normal şartlarda özel anahtar blokzincirine erişimini kendi hesabı üzerinden sahibine açan anahtar rolündedir. Bu anahtarın kaybedilmesi veya silinmesi verinin kaybolmasına sebebiyet verir.
- **Gönderme Mahremiyet İhlali:** Kripto para borsası gibi aracı kurumların kullanılması durumunda; Kullanıcı ihmali veya hatası veya aracı kurum sebebi ile mahremiyet ihlal edilebilir. Merkezi olmayan borsaların da sayısı az olmakla birlikte var olduklarını da belirtelim, buralardan sadece akıllı sözleşme destekleyen kripto paralar edinilebilmektedir.
- **Sybil Saldırısı:** Sistemi yavaşlatmak veya çökertmek için sahte düğümlerin kullanıldığı saldırıdır. Bunu da ağı meşgul etmek için yanlış bilgi göndererek gerçekleştirirler. Bu saldırının sadece teoride planlanabileceği, sanal düğümlerin yoğun hesaplama yapamayacağı öngörüsünden yola çıkılarak bugünkü teknoloji ile gerçekleştirilemeyeceği değerlendirilmektedir [22].
- **DAO Saldırısı:** Özel bir Ethereum uygulaması olan DAO ağına gerçekleştirilen bir zararlı kod içeren akıllı anlaşma atağıdır. Saldırgan 18 Ocak 2016'da ağda mevcut 3.6 milyon Ether'i oluşturduğu yeni DAO ağına aktarmıştır. Bu saldırı genel Ethereum ağını etkilememekle birlikte bir blokzincir ağına gerçekleştirilen en önemli saldırılardan biri niteliğindedir.

5.4. Literatürdeki Çalışmalar

Blokzincirinin lojistik ve taşımacılık alanlarında kullanımına yönelik pek çok akademik çalışma ve uygulama mevcuttur. Bu kapsamda özellikle kaleme alınan tarama makalelerinde elde edilen sonuçların bu kapsamda yapılabilecek çalışmaları destekler nitelikte olduğu görülmektedir.

5.4.1. Literatürdeki Çalışmaların Kapsamı

Literatürde var olan çalışmalar son zamanlarda yayımlanmış (2020 yılı) ve en az bir kez farklı bir kaynakta referans gösterilmiş olma şartı ile seçilerek bu çalışmada kullanılmıştır. Bu bölümde yapılan incelemede ele alınan on yedi çalışma özetlenmektedir.

Batta vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada blokzinciri teknolojisinin lojistik ve taşımacılık yönetim süreçlerine uygulanmasına yönelik yapılan çalışmalarla ilgili bir simetrik çalışma incelemesi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda gelecekte yapılacak çalışmalara yönelik olarak, blokzincirinin bu süreçlerdeki kullanım potansiyeli dahilinde henüz yeterince araştırılmadığı ve gelecekte bu sektörün blokzincirine daha fazla entegre edilebileceği şeklinde çıkarımda bulunulmuştur[6].

Johnson vd. (2020), çalışmasında blokzinciri teknolojisinin soğuk zincir ile taşımacılık hizmeti veren şirketlerin lojistik yönetim süreçlerindeki uygulama alanlarını incelemiş, bu teknolojinin lojistik endüstrisi ve iş modellerine etkisine ilişkin çıkarımlarda bulunmuştur[7].

Müßigmann vd. (2020), gelecekte yapılacak araştırmalara bir temel oluşturmak üzere 2016-2020 arasında yazılmış olan ve blokzinciri teknolojisinin lojistik ve tedarik zinciri süreçlerine uygulanması konusundaki 613 akademik çalışmadan alınan verileri içeren bir bibliyometrik analiz sunmuştur[8].

Tan vd. (2020), blokzinciri tabanlı bir yeşil lojistik (green logistic) takip sistemi modellemiştir. Sensör olarak kullanılacak nesnelerin interneti (Internet of things-IoT) cihazları fiziksel katmanda modele entegre edilmiş ve bu sistemin sağlayabileceği faydalara değinilmiştir. Bu kapsamda karşılaşılabilecek kısıtlamalar ve gelecek uygulamalarda sistemin nasıl geliştirilebileceği üzerinde durulmuştur[9].

Kifokeris ve Koch (2020), yapmış olduğu çalışmada materyal, ekonomik akış (para akışı) ve verinin birbirine entegre edildiği blokzinciri tabanlı bir sistem önermiştir. Ardından bu modeli "swimlane" süreç akış diyagramında okuyucuya görsel olarak sunmuşlardır. Blokzincirinin IoT cihazlar ile entegrasyonu sayesinde bu alanda verimli sonuçlar elde edilebileceğini vurgulamışlardır[10].

Irannezhad (2020), limanlarda kullanılan lojistik iş yönetim süreçlerinde (port community system-PCS) işlem maliyetini düşürmek için blokzinciri tabanlı bir çözüm sunmuştur. Buna ek olarak daha önce ilgili konularda yapılmış çalışmalarla ilgili bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir[11].

Humayun vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada akıllı ulaşım ve lojistiğin bir ülkenin gelişimindeki önemine değinilmiştir. IoT ve blokzinciri entegrasyonu ile akıllı ulaşım ve lojistikte kullanılabilecek şeffaf, güvenli, sonradan kanıtlanabilir ve inkâr edilemezliğin sağlandığı bir model tasarlanmış ve iki kullanım alanında da bu konu örneklenmiştir. Çalışmada ayrıca önerilen modelin benzerlerinin IoT ve blokzinciri kullanımı ile gerçekleştirildiğine örnek vermek üzere SmaTaxi uygulaması ile Dammam ve Rotterdam limanları arasındaki lojistik takibi için kullanılan blokzinciri tabanlı lojistik takip sistemine değinilmiştir. Gelecek çalışma olarak ise akıllı ulaşım ve lojistik uygulamalarının birlikte çalıştırılabilirlik ve ölçeklendirilebilirlik açısından değerlendirileceği bir sistem tasarlanması planlanmaktadır[12].

Orji vd. (2020), blokzinciri teknolojisinin lojistikteki kullanım alanlarını, teknoloji-organizasyon-çevre değişkenleri çerçevesinde analitik ağ süreci yöntemi kullanarak önceliklendirmiştir. Ayrıca blokzinciri teknolojisinin benimsenmesini etkileyen en önemli faktörün "belirli blokzinciri araçlarının kullanılabilirliği", "altyapı tesisi" ve "hükümet politikası ve desteği" olduğu tespit edilmiştir. Sonuçta elde edilen bulguların devlet kurumları, nakliye lojistik firmaları ve blokzinciri hizmet sağlayıcılarına, bu teknolojinin geliştirilmesi, benimsenmesi ve rekabet gücünün iyileştirilmesi için katkı sağlayacağı değerlendirilmesinde bulunulmuştur[13].

Ar vd. (2020), çalışmasında analitik hiyerarşi sürecini (analytical hierarchy process-AHP) sezgisel bulanık teori altında VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje)'a dahil eden çok kriterli bir karar destek modeli kullanarak blokzincirinin lojistikteki kullanımı ile ilgili bir fizibilite

çalışması yapmış ve bu metodu Türkiye’de faaliyet gösteren büyük ölçekli lojistik firmaları üzerinde uygulayarak çıkarımda bulunmuştur[14].

Jain vd. (2020), blokzinciri teknolojisinin lojistik endüstrisinde kullanımının müşteriler tarafından ne ölçüde anlaşılıp kabul edildiğini araştırmıştır. Bu kapsamda tavrı, algılanan kullanılabilirlik ve algılanan kullanım kolaylığı değişkenlerini göz önünde bulundurarak “teknoloji kabul modeli” kapsamında blokzinciri teknolojisine hedef müşterilerin tavrını değerlendirmiştir. Blokzincirin lojistik endüstrisinde kabul edilebilir, kullanılabilir ve gelecek vadeden bir teknoloji olduğu vurgulanmıştır[15].

Koh vd. (2020), çalışmasında nakliye ve lojistikte blokzincirin kullanımına ilişkin en son uygulama ve çalışmaları özetlemiştir. Ardından bu teknolojinin gelecekteki kullanım alanlarına yönelik çıkarımlarda bulunmuştur[16].

Hribernik vd. (2020) tarafından yapılan çalışmada e-ticaretteki büyüme ile kurye, ekspres ve paket (courier-express-paket-CEP) sektöründeki oluşan sorunlara çözüm getirmek üzere blokzinciri tabanlı bir model üzerinde durulmuştur. Çalışmada şehir içi veya çevresinde kurulmuş mikro dağıtım istasyonları ile son müşteri arasındaki lojistik takip sürecinde blokzincirin kullanımına değinilmiştir. Bu kapsamda yalnızca müşterilerin değil, aynı zamanda belediyelerin ve yerel yönetimlerin de kabul edeceği bir çözüm üretilmesi amaçlanmıştır. Konu ile ilgili daha önce yapılan çalışmalar üzerine bir literatür taraması yapılmış ve şehir içi lojistik dağıtım sürecinde bu teknolojinin kullanım alanı bazında uygulanabilirliği bir tablo ile özetlenilmiştir[17].

Pournader vd. (2020); teknoloji, güven, ticaret ve izlenebilirlik/şeffaflık ana kümeleri üzerinde tedarik zinciri, lojistik ve nakliye yönetimi hakkında yayımlanmış blokzinciri çalışmalarını incelemiş ve bu konularda çıkarımlarda bulunmuştur[18].

Issaoui vd. (2020), akıllı lojistikte blokzincirin çeşitli uygulamalarını tanımlamıştır. Yapılmakta olan uygulamalar bilgi, ulaşım, finans ve yönetim olmak üzere dört ana küme dahilinde sınıflandırılmış ve bu uygulamaların somut örnekleri çalışmada sunulmuştur. Mezquita vd. (2020), distribütör ve müşteriler arasındaki çok sayıda aracı kurumun ve üçüncü tarafın da dahil olduğu lojistik hizmetlerinin daha yönetilebilir hale getirilmesini sağlamak üzere blokzinciri tabanlı bir sistem önermiştir. Önerilen modelde, güvenliği artırarak süreçleri otomatikleştirmek için akıllı sözleşmeleri kullanmak, böylece çok temsilcili siteleri tek bir platformda birleştirip dağıtım sürelerini önemli ölçüde hızlandırmak hedeflenmiştir[19].

Tian vd. (2020) tarafından yapılan çalışmanın amacı ise kentsel lojistik zincirindeki müşteri, hizmet sağlayıcılar ve üçüncü otoriteler arasındaki şeffaflık problemini blokzinciri tabanlı bir sistemle çözmektir. Bu kapsamda müşteri memnuniyeti için blokzinciri tabanlı bir değerlendirme yaklaşımı önerilmiş ve kentsel lojistikte müşteri memnuniyetini etkileyeceği öngörülen dört kriter belirlenmiştir. Çalışmada uzun kısa süreli bellek (long short-term memory-LSTM) algoritması kullanılarak gelecek dönemdeki müşteri memnuniyetinin tahmin edilmesi hedeflenmiş ve müşteri memnuniyetinin düşük olması durumunda müşterilere para iadesi gerçekleştirilmesini sağlayacak bir akıllı sözleşme tasarlanmıştır. Tasarlanan akıllı sözleşme gaz tüketimi ile ilgili müşteri memnuniyeti süreçlerinde test edilmiştir. Gelecek çalışma olarak, sürdürülebilir kalkınma için kentsel lojistikte blokzincirin pratik uygulamalarını teşvik edecek bir çözüm bulmak planlanmış ve kentsel lojistikte sürdürülebilirliği etkileyecek daha fazla faktörü dikkate alarak modelin geliştirilmesi hedeflenmiştir[20].

Tönnissen ve Teuteberg (2020) tarafından yapılan çalışmada, blokzinciri teknolojisinin tedarik zinciri ve lojistik yönetimi süreçlerindeki uygulama alanları incelenmiş, blokzinciri teknolojisinin lojistik endüstrisi ve iş modellerine etkisine ilişkin çıkarımlarda bulunulmuş ve araştırma sorularına ilişkin cevaplar bulunulmaya çalışılmıştır[21].

5.4.2. Literatürdeki Çalışmaların Özetlenmesi

Yapılan diğer çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde blokzincirinin lojistik, taşımacılık, malzeme nakli, depolama yönetimi konularında bazı uygulamaların hayata geçirildiği görülmekle birlikte bu alanda değerlendirilmesi gereken ciddi bir potansiyel olduğu belirtilmektedir. Yapılan tüm çalışmalarda bu konu, araştırmacılar için bir fırsat olarak gösterilmekte ve iyi değerlendirilmesi gereken bir çalışma alanı olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmalar arasında özellikle Müßigmann vd. (2020) [8] tarafından yapılan çalışmadaki detaylı tarama blokzincirinin bu alanda kullanımını ve potansiyelini tarafsız bir şekilde özetler niteliktedir. Issaoui vd. (2020), çalışmasında benzer bir taramayı bilgi, ulaşım, finans ve yönetim başlıkları altında dört ana küme dâhilinde ele almış ve benzer sonuçlara ulaşmıştır[19].

Yapılan çalışmalara yönelik verilen bilgileri içeren özet gösterim Tablo 5.2'de sunulmuştur. Çizelgede yer alan çalışmalarda, blokzincirinin bu alanda kullanımının getireceği yeniliklere değinilmiş veya bir model ile genişletilerek blokzincirinin alana özel kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Çizelgede kullanılan kısaltmalar: Bitcoin (BTC), makine öğrenmesi (machine learning-ML), teknoloji kabul modeli (technology acceptance model-TAM), yapısal eşitlik modellemesi (structural equation modeling-SEM).

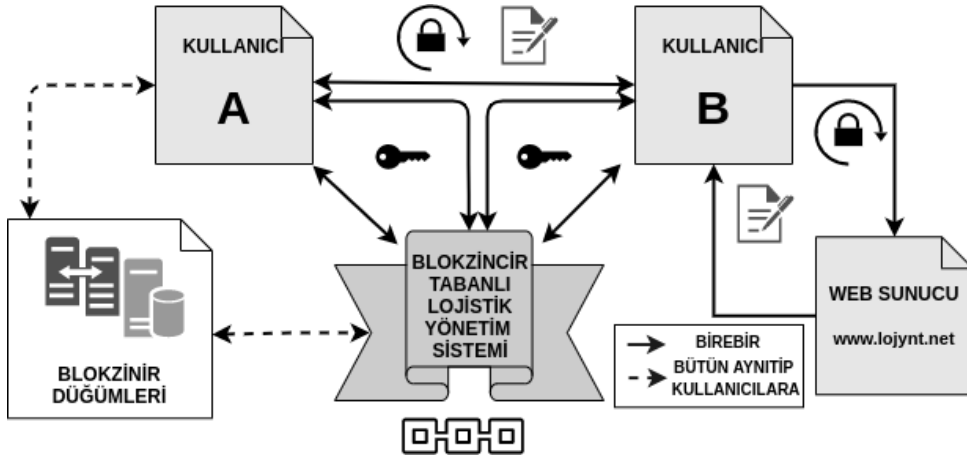
Tablo 5.2. Literatür Çalışmalarının Kıyaslanması

| Yayın | Yılı | Çalışmanın Kapsamı | Kullanılan Teknolojiler |
|-------|------|--|-----------------------------------|
| [10] | 2020 | Kentsel lojistik zincirindeki müşteri, hizmet sağlayıcıları ve üçüncü otoriteler arasındaki şeffaflık problemini çözmek üzere bir model tasarlanmıştır. | BTC, IoT ve ML |
| [12] | 2020 | IoT ve blokzinciri entegrasyonu ile akıllı ulaşım ve lojistikte kullanılabilir; şeffaflık, güvenlik sonradan kanıtlanabilirlik, inkâr edilemezliğin sağlandığı model tasarlanmıştır. | IoT ve BTC |
| [9] | 2020 | Fiziksel katmanda sensör olarak IoT cihazların kullanıldığı blokzinciri tabanlı bir yeşil lojistik takip sistemi modellenmiştir. | IoT ve BTC |
| [10] | 2020 | Materyal, ekonomik akış ve verinin birbirine entegre edildiği blokzinciri tabanlı bir sistem önerilmiştir. Bu model “swimlane” süreç akış diyagramında okuyucuya görsel olarak sunulmuştur. | BTC |
| [17] | 2020 | E-ticaretteki büyüme ile CEP sektöründeki sorunlara çözüm getirmek için blokzinciri tabanlı bir model sunulmuştur. | IoT ve BTC |
| [14] | 2020 | AHP’yi sezgisel bulanık teoride VIKOR’a dahil eden çok kriterli karar destek modeli | BTC, AHP, VIKOR ve Bulanık mantık |
| [19] | 2020 | Akıllı lojistikte blokzincirin çeşitli uygulamaları tanımlanmış ve yapılmakta olan uygulamalar bilgi, ulaşım, finans ve yönetim olmak üzere dört sınıfa ayrılmıştır. | BTC |
| [15] | 2020 | Blokzinciri teknolojisinin lojistik endüstrisinde kullanımının müşteriler tarafından ne ölçüde anlaşıldığı ve kabul edildiği araştırılmıştır. | BTC, TAM ve SEM |
| [16] | 2020 | Nakliye ve lojistikte blokzincirin kullanımına ilişkin en son uygulama ve çalışmaları özetlenmiş ve gelecekteki kullanım alanlarına yönelik çıkarımlarda bulunulmuştur. | BT |
| [11] | 2020 | Limanlarda kullanılan lojistik iş yönetim süreçlerinde işlem maliyetini düşürmek için blokzinciri tabanlı bir çözüm sunulmuştur. | IoT ve BTC |
| [6] | 2020 | Blokzinciri teknolojisinin lojistik ve taşımacılık yönetim süreçlerine uygulanmasına yönelik yapılan çalışmalarla ilgili bir simetrik akademik çalışma incelemesi yapılmıştır ve gelecek uygulama alanlarına yönelik tavsiyelerde bulunulmuştur. | BTC |
| [13] | 2020 | Blokzinciri teknolojisinin lojistikteki kullanım alanları teknoloji-organizasyon-çevre değişkenleri çerçevesinde analitik ağ süreci yöntemi kullanılarak önceliklendirilmiştir. | BTC (tarama) |
| [18] | 2020 | Teknoloji, güven, ticaret ve izlenebilirlik/şeffaflık ana kümeleri üzerinde tedarik zinciri, lojistik ve nakliye yönetimi üzerine yayımlanmış blokzinciri konusundaki akademik çalışmalar incelenmiş ve bu konularda çıkarımlarda bulunulmuştur. | BTC (tarama) |
| [8] | 2020 | Gelecekteki araştırmalara bir temel oluşturmak üzere blokzinciri teknolojisinin lojistik ve tedarik zinciri süreçlerine uygulanması konusundaki 613 akademik çalışmadan alınan verileri içeren bir bibliyometrik analiz sunulmuştur. | BTC (tarama) |
| [21] | 2020 | Blokzinciri teknolojisinin tedarik zinciri ve lojistik yönetimi süreçlerindeki uygulama alanları incelenmiş, lojistik endüstrisi ve iş modellerine etkisine ilişkin çıkarımlar | BTC (tarama) |

5.5. Önerilen Model

Model tasarımı Hava Kuvvetlerinin harekât ihtiyacını karşılayacak bir lojistik yönetim sistemi üzerinde düşünülerek planlanmıştır. Oluşturulabilecek sistemin ana elemanları ve blokzincir akış şeması Şekil 5.3'te verilmiştir. Blokzincir tabanlı askeri lojistik yönetim sisteminde ana elemanları olarak aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır:

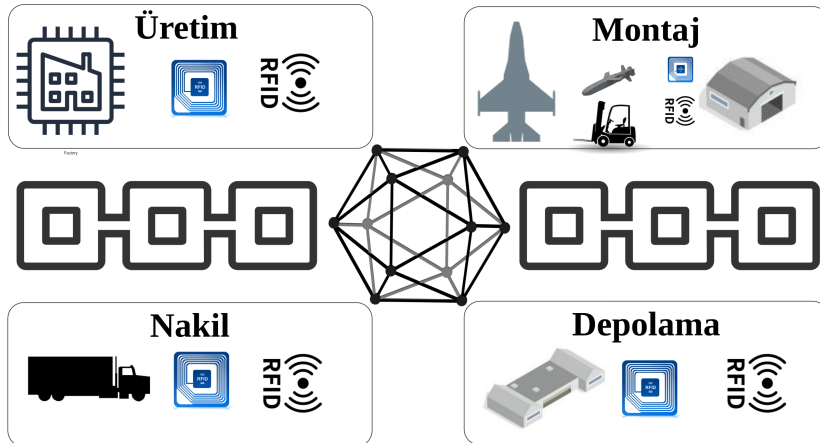
- Blokzincir dahilinde gönderme yapılarak kayıt defterine yazılacak ana harp silah ve malzemeleri
- Bu göndermeyi gerçekleştirecek kullanıcılar,
- Bu göndermelerin yapılacağı terminaller,
- Bu sistemin yetkili kullanıcılar tarafından takibini sağlayan web arayüzü,
- Defterin hiyerarşik kaydının tutulacağı düğümler olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.3. Model Blokzincir Akış Şeması

Model fiziksel, akıllı anlaşma ve sayısal veri olmak üzere toplam üç katmandan oluşan bir yapı içerisinde teşkil edilmiştir. Fiziksel katman teçhizat veya teçhizatın taşıma kutusu üzerine montajlı radyo frekansı ile tanımlama (radio-frequency identification RFID) teknolojisi kullanılarak oluşturulmuş kimlik tespiti ve belirlenmiş kapılar ve depolar üzerine montajlı algılayıcılar ile oluşturulmuştur.

Model ana elemanları Şekil 5.4. ile gösterilmiştir. Bu algılayıcıların gönderme yaratırken malzemenin kimlik, zaman, ısı ve nem bilgilerini yazmaları planlanmıştır. Kapı ve depolar ile sensörlerin veri çıkışı kablolu-kablosuz ağ bağlantı cihazları ile sağlanacaktır.



Şekil 5.4. Model Ana Elemanları

Akıllı anlaşma, kullanılan konsensüs modelini ve modeldeki değişkenlerin tiplerine göre görevlerini tanımlar. Veri ise blokzinciri içerisinde bloklara yazılarak tutulacak olan veridir. Kullanılan malzemenin taşınması ve depolanması büyük dikkat gerektirmektedir. Ayrıca gerekli depolama şartlarının sağlanabilmesi için ana malzeme ve teçhizat montajları yapılanaya kadar uygun ısı ve nem şartlarında muhafaza edilmelidir. Bu sebeple model kapsamında fiziksel katmanı oluşturan cihazları malzemenin veya taşıma kutularına monte edilmesi planlanmıştır. Tasarlanan modelde mühimmat kutularına RFID ve diğer cihazlar IoT olarak tanımlanmış ve mühimmat kutularının kablosuz bağlantı ile saklama koşulu bilgilerini düzenli olarak merkezi sistemle paylaştığı kabul edilmiştir.

5.6. Sonuç ve Değerlendirmeler

Blokzinciri gelecek vadeden bir teknoloji olarak popülerliğini korumaya devam etmektedir. Bu teknolojinin lojistik yönetimi konusunda başarılı bir şekilde kullanılabileceği değerlendirilmektedir. Bu çalışmada oluşturulan model hava kuvvetleri malzeme ve teçhizatları ile silah sistemlerinin lojistik takibi göz önünde bulundurularak örneklenmiştir.

Blokzinciri platformu seçimi dizayn ve kodlama aşamasında makale içerisinde verilen açıklık ve saldırı tipleri göz önünde bulundurularak gerekli önlemler alınmalıdır. Tasarlanan model için üretilmesi gereken kayıt hızını saniyede 3500 gönderme işlemi yapabilen Hyperledger Fabric altyapısının rahatlıkla kaldırabileceği değerlendirilmektedir. Bununla birlikte ağ genişledikçe ortaya çıkacak problemler ile ilgili detaylı analiz yapılması gerekmektedir. Model daha geniş bir ağ için tasarlanacaksa sistem üzerinde tesis edilecek sensörlerin ve algılayıcı cihazların topolojik bağlantılarının da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Dar kapsamlı bir ağda algılayıcılar daha statik kalacağından blokzincirinin gerektirdiği matematiksel işlemler, bu cihazların bağlı oldukları daha büyük bir makine tarafından gerçekleştirilebilir. Sisteme genişledikçe topolojiye yeni sistem ve algılayıcıların eklenmesi söz konusu olacaktır. Bu durumda mimari yapının kablosuz algılayıcı ağ fiziksel kapasite ve ihtiyaçlarını da göz önünde bulundurularak yeniden tasarlanmasına ihtiyaç duyulabileceği değerlendirilmektedir. Tasarlanan modele dâhil edilecek cihaz sayısı arttıkça birim zamanda üretilen onaylama gönderme hızının da daha verimli olabilecek holochain, hashgraph gibi dağıtık kayıt defteri yapılarında gerçekleşmesi veya uygulamaya özel veri yapısı, konsensus ve ağ mimarisinin tasarlanması uygulanabilirliği arttıracaktır.

Blokzinciri teknolojisinin askeri teknolojilerde kullanımı ile ilgili literatürde yeterli miktarda çalışma bulunmamaktadır. Bu teknolojinin özellikle askeri haberleşme güvenliği konularında kullanımı bu konu üzerinde çalışmak isteyenler için değerlendirilmesi gereken bir fırsat olarak görülmelidir. Bu çalışmada akıllı hava mühimmatlarının ve silah sistemlerinin lojistik kayıtlarının oluşturulabileceği ve takip edilebileceği blokzinciri tabanlı bir sistem önerilmiştir. Çalışma, sonraki versiyonunda genişletilmiş sözde kod (pseudo code) eklenerek geliştirilecektir. Kaynak kodlar <https://github.com/MSKU-BcRG/Lojistik> adresinden paylaşılacaktır. Eğitim amaçlı kurulmuş geniş bir blokzinciri ağında modelin gerçekleştirilerek test edilmesi hedeflenmektedir. Farklı konsorsiyum protokollerine sahip arayüzler kullanılarak bir performans değerlendirmesi gerçekleştirilecektir.

Kaynaklar

- [1] S. Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System," Whitepaper. 2008.
- [2] E. Konacaklı, "Ulusal güvenlik için blokzinciri tabanlı siber güvenlik modeli," Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 50, 2019.

- [3] E. Karaarslan, E. Konacaklı, "Data Storage in the Decentralized World: Blockchain and Derivatives" in "Who Run The World:DATA", 1st ed. Istanbul, Turkey, Istanbul University Press, 2020, ch.3, pp. 37-69. [Online]. Available: <https://iupress.istanbul.edu.tr/tr/book/who-runs-the-world-data/chapter/data-storage-in-the-decentralized-world-blockchain-and-derivatives>
- [4] H. Basak, "Savunma Sanayinin Önündeki Gelecek, Lojistik Destek", Savunma Sanayii Gündemi Dergisi, 2013. s:12, Sayı: 20.
- [5] S. Singh, A.S. Hosen and B. Yoon, "Blockchain security attacks, challenges, and solutions for the future distributed iot network," *IEEE Access*, 2021, 9: 13938-13959.
- [6] A. Batta, M. Gandhi, A.K. Kar, N. Loganayagam and V. Ilavarasan, "Diffusion of blockchain in logistics and transportation industry: an analysis through the synthesis of academic and trade literature," *Journal of Science and Technology Policy Management*, 2020, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-07-2020-0105>
- [7] A. Johnson, D. McCurdy, D. Schechter and K. Loch, "Hot or Cold... How Ready are Third Party Logistics Cold Storage Companies to Implement Blockchain?," Presented at HICSS, 2020, [Online]. Available: <https://aisel.aisnet.org/hicss-53/os/blockchain/5/>
- [8] B. Müßigmann, H. von der Gracht and E. Hartmann, "Blockchain technology in logistics and supply chain management—A bibliometric literature review from 2016 to January 2020," *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2020, 67.4: 988-1007.
- [9] B. Q. Tan, F. Wang, J. Liu, K. Kang and F. Costa, "A blockchain-based framework for green logistics in supply chains," *Sustainability*, 2020, 12.11: 4656.
- [10] D. Kifokeris and C. Koch, "A conceptual digital business model for construction logistics consultants, featuring a sociomaterial blockchain solution for integrated economic, material and information flows," *J. Inf. Technol. Constr.*, 2020, 25: 500-521.
- [11] E. Irannezhad, "The architectural design requirements of a blockchain-based port community system," *Logistics*, 2020, 4.4: 30.
- [12] M. Humayun, N.Z. Jhanjhi, B. Hamid and G. Ahmed, "Emerging smart logistics and transportation using IoT and blockchain," *IEEE Internet of Things Magazine*, 2020, 3.2: 58-62.
- [13] I. J. Orji, S. Kusi-Sarpong, S. Huang and D. Vazquez-Brust, "Evaluating the factors that influence blockchain adoption in the freight logistics industry," *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 2020, 141: 102025.
- [14] I.M. Ar, I. Erol, I. Peker, A. I. Ozdemir, T.D. Medeni and I. T. Medeni, "Evaluating the feasibility of blockchain in logistics operations: A decision framework," *Expert Systems with Applications*, 2020, 158: 113543.

- [15] G. Jain, H. Singh, K.R. Chaturvedi and S. Rakesh, "Blockchain in logistics industry: in fizza customer trust or not," *Journal of Enterprise Information Management*, 2020, Vol. 33 No. 3, pp. 541-558. <https://doi.org/10.1108/JEIM-06-2018-0142>.
- [16] L. Koh, A. Dolgui and J. Sarkis, "Blockchain in transport and logistics—paradigms and transitions," *International Journal of Production Research*, 2020, 58:7, 2054-2062, DOI: 10.1080/00207543.2020.1736428
- [17] M. Hribernik, K. Zero, S. Kummer and D. M. Herold, "City logistics: Towards a blockchain decision framework for collaborative parcel deliveries in micro-hubs," *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 2020, 8: 100274.
- [18] M. Pournader, Y. Shi, S. Seuring and S. L. Koh, "Blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literature," *International Journal of Production Research*, 2020, 58:7, 2063-2081, DOI: 10.1080/00207543.2019.1650976
- [19] Y. Issaoui, A. Khiat, A. Bahnasse and H. Ouajji, "Smart Logistics: Blockchain trends and applications," *J. Ubiquitous Syst. Pervasive Networks*, 2020, 12.2: 9-15.
- [20] Z. Tian, R.Y. Zhong, A. Vatankhah Barenji, Y. T. Wang, Z. Li and Y. Rong, "A blockchain-based evaluation approach for customer delivery satisfaction in sustainable urban logistics," *International Journal of Production Research*, 2021, 59:7, 2229-2249, DOI: 10.1080/00207543.2020.1809733.
- [21] S. Tönnissen and F. Teuteberg, "Analysing the impact of blockchain-technology for operations and supply chain management: An explanatory model drawn from multiple case studies", *International Journal of Information Management*, 2020, 52: 101953.
- [22] T. A. Ş. Oğuzhan and F. Kiani, (2018). Blok zinciri teknolojisine yapılan saldırılar üzerine bir inceleme. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 2018, 11.4: 369-382.

Yazarlar



Enis Konacıklı

Enis Konacıklı, 19 yıldır CIS ve BT ekiplerini, sistemlerini, hizmetlerini satın almadan teslimata ve yaşam döngüsü sürdürmelerine kadar yönetmektedir. 2017 yılından bu yana MSKÜ BcRG (Blockchain Research Group) üyesi olarak ulusal güvenlik ve askeri uygulamalar için blockchain teknolojisinin potansiyel faydalarını araştırmaktadır. Ulusal güvenlikte blokzinciri teknolojisinin kullanımı üzerine yüksek lisans tezi bulunmaktadır. Araştırma alanları bilgisayar ağları, siber güvenlik ve blokzinciridir.

LinkedIn: <https://www.linkedin.com/in/enis-k-b89302168/>

Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=WAAINIUAAAAJ&hl=tr&oi=sra>



Dr. Enis Karaarslan

MSKÜ Bilgisayar Mühendisliği bölümünde Siber Güvenlik Abd. Başkanıdır. MSKÜ Yapay Zeka disiplininin kurucularındandır ve öğretim üyesidir. İletişim ağları, güvenlik eğitimi ve araştırması için NetSecLab'ı kurdu. MSKÜ blokzinciri araştırma grubunda (MSKÜ BcRG) 2017'den beri blokzincirinin potansiyellerini incelemektedir. DS4H (decentralized solutions for humanity) blokzinciri araştırma ağının kurucularındandır. Araştırma alanları bilgisayar ağları, siber güvenlik, blokzincir, veri bilimi, afet yönetimi ve dijital ikizdir. Akıllı anlaşmalarla ve sıfır kanıt protokolleri ile

güçlendirilmiş mahremiyet, merkezi olmayan kimlik ve blokzinciri teknolojisinin etkin kullanımı üzerine patent başvuruları, danışmanlık ve yayınları bulunmaktadır.

LinkedIn: <https://www.linkedin.com/in/enis-karaarslan-1b195617/>

Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?hl=tr&user=D3dqZ5UAAAAJ>

Github: <https://github.com/MSKU-BcRG>