

BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİ İLE MERKEZİ VE DAĞITIK VERİ TABANININ KARŞILAŞTIRILMASI

Selma YAPICI¹, Nursena ORAL², Rabia YUMUŞAK³, Tamer EREN^{4*}

¹Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale
ORCID No : <https://orcid.org/0000-0002-5172-6739>

²Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale
ORCID No : <https://orcid.org/0000-0002-9517-5086>

³Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale
ORCID No : <https://orcid.org/0000-0002-0257-939X>

⁴Kırıkkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kırıkkale
ORCID No : <https://orcid.org/0000-0001-5282-3138>

Anahtar Kelimeler	Öz
Blokzinciri teknolojisi, Merkezi veri tabanı, Dağıtık veri tabanı, AHP yöntemi, PROMETHEE yöntemi.	<i>Blokzinciri, merkezi otoriteye ihtiyaç duymayan teknolojilerden biridir. Dağıtık yapısı ile son yıllarda finans dünyası dahil olmak üzere birçok alanda popüler olan teknolojilerin başında gelmektedir. Hemen her gün yeni bir uygulama alanı duyulmaya başlanılan blokzinciri teknolojisi hakkındaki akademik araştırmalar sınırlı sayıdadır. Ülkemizde de gerek uygulama gerekse akademik anlamda yeterli sayıda çalışma olmadığı görülmektedir. Bu veriler ışığında yapılan çalışmada, gündemde olan blokzinciri teknolojisi ile merkezi veri tabanı ve dağıtık veri tabanı sistemleri arasında bir değerlendirme yapılmıştır. Sıralamanın elde edilebilmesi için yapılan araştırmalar sonucunda sistem yapılarında öne çıkan kriterler belirlenmiş ve belirlenen kriterlerin ağırlıkları çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ile elde edilmiştir. Belirlenen ağırlıklar ile PROMETHEE yöntemi çözülerek blokzinciri teknolojisi, dağıtık veri tabanı, merkezi veri tabanı sıralama sonucuna ulaşılmıştır.</i>

COMPARISON OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY WITH CENTRALIZED AND DISTRIBUTED DATABASE

Keywords	Abstract
Blockchain technology, Central database, Distributed database, AHP method, PROMETHEE method.	<i>Blockchain is one of the technologies that does not need central authority. With its distributed structure, it is one of the most popular technologies in many fields, including the financial world, in recent years. Academic research on blockchain technology, which begins to hear a new field of application almost every day, is limited. In our country, there are not enough studies both in practice and academically. In the light of these data, an evaluation was made between the blockchain technology and the central database and distributed database systems in this article. As a result of the researches made in order to obtain the ranking, the prominent criteria in the system structures were determined. The weights of the determined criteria were obtained by the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, which is one of the multi-criteria decision making (MCDM) methods. By solving the PROMETHEE method with the determined weights, blockchain technology, distributed database, central database sorting results were reached.</i>

Araştırma Makalesi	Research Article
Başvuru Tarihi : 16.05.2021	Submission Date : 16.05.2021
Kabul Tarihi : 30.09.2021	Accepted Date : 30.09.2021

*Sorumlu yazar; e-posta : tamereren@gmail.com

1. Giriş

Günümüz dünyasında yaşanan teknolojik ilerlemeler, küreselleşmenin varlığı, dünyadaki siyasi ve ekonomik politikaların sürekli değişmesi, müşteri beklentilerini karşılayabilmeyi zamanla zorlaştırmıştır (Babacan, 2003). Bu süreçte bütün bu değişim ve ilerlemelere uyum sağlayabilmek için işletmeler gündemlerine blokzinciri teknolojisini almışlar ve bu alana daha fazla ağırlık vermeye başlamışlardır. Blokzincirinin temeli Dağıtık Defter Teknolojisi (DDT)'ne dayanmaktadır. Dijital bir güven kurumu olarak belirsizlikleri en aza indiren, merkezi olmayan yapıda paylaşılan bir defter ile değişimleri engelleyen ve aynı zamanda değer transferlerinin hesaplanması konusunda çözüm olanağı sunmaktadır. DDT, ileri bir teknoloji ve işlem sistemidir (Nakamoto, 2019; Yıldızbası ve Üstünyer, 2019).

Endüstri 4.0 kapsamında gelişen teknolojiler, tedarik zinciri ağları için önemli finansal avantajlar sağlamaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte enerji tüketiminin artışı, kaynakların azalması, veri güvenliği, gizlilik vb. gibi konuların önemi artmaktadır. Sürdürülebilirlik kapsamında işletmeler, teknoloji entegrasyonu yoluyla uygun önlemleri uygulama zorluğuyla karşı karşıya kalmaktadır. Bu teknolojiler ise yapay zeka, 5G ağları, nesnelerin interneti, sunucusuz bilgi işlem, biyometri, artırılmış/sanal gerçeklik, blok zinciri, robotik, doğal dil işleme ve kuantum hesaplamalarıdır (Boutkhoul, Hanine, Nabil, El Barakaz, Lee, Rustam ve Ashraf, 2021). Blokzincir, yenilikçi iş modelleri için iyi konumlandırılmış bir teknolojidir ve bu tür gelişmelere öncülük etme potansiyeline sahiptir (Zhao, Liu, Lopez, Lu, Elgueta, Chen, ve Boshkoska, 2019). Geleneksel olarak blok zinciri, verimli bir kaynak oluşturmak için bloklar halinde toplanan, kronolojik sırayla dallara ayrılan ve birkaç farklı sunucuya yayılan geçmiş işlemlerin güvenli bir kaydı olarak adlandırılır (Angelis ve Silva, 2019). Eşler arası değişimi destekler ve şeffaflık, hesap verebilirlik, güvenlik, verimlilik ve maliyet minimizasyonu için önemli iyileştirmeler sağlar. Ayrıca blokzincir teknolojisi, herhangi bir aracı kullanmadan yüksek güven ortamları oluşturarak veri değişmezliği, izlenebilirlik ve akıllı sözleşmeler sağlaması ve verimli bir kaynak oluşturmak için birkaç farklı sunucu kullanması önemli avantajlarından biridir (Kshetri, 2018).

Bu çalışmada ise blokzincir teknolojisine yönelik önyargıların giderilmesi amacı ile analitik yöntemlerle bir değerlendirme yapılmıştır. Blokzincir teknolojisi merkezi ve dağıtık veri tabanı ile kıyaslanmıştır. Yapılan kıyaslamada ele alınan kayıt bütünlüğü, kullanılabilirlik, hata toleransı, gizlilik, işlem zamanı ve güvenilmez düğümler arası iş birliği kriterleri AHP yöntemi ile ağırlıklandırılmıştır. Elde edilen ağırlıklar PROMETHEE yönteminde kullanılarak sıralama elde edilmiştir. PROMETHEE sonucunda blokzincir teknolojisinin ele alınan kriterler kapsamında en iyi alternatif olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmanın başta problem tanımı olmakla birlikte ele alınan kriterler, kullanılan yöntemler ve kriterlerin ağırlıklandırılması açısından yapılan literatür taraması neticesinde literatüre katkı sağlar nitelikte olduğu tespit edilmiştir.

Çalışma altı bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde çalışmada ele alınan blokzincir ve veri tabanları anlatılmıştır. Üçüncü bölümde konu hakkında yapılan literatür taramasına yer verilmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümünde kullanılan materyal ve metodlar anlatılarak ÇKKV yöntemlerinden olan AHP ve PROMETHEE yönteminden bahsedilmiştir. Beşinci bölümde blokzinciri teknolojisi ile eski merkezi ve dağıtık veri tabanı karşılaştırılması problemi ele alınarak örnek bir uygulama yapılmış ve uygulama adımları anlatılmıştır. Son bölümde ise çalışmaya ait sonuçlardan bahsedilmiş ve ileride yapılabilecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2. Blokzincir ve Veri Tabanları

Blokzinciri yapısı incelendiğinde özet fonksiyonları, adresler, açık anahtar sistemi, bloklar, defterler, işlemler, düğümler ve uzlaşma protokolleri olmak üzere sekiz farklı bileşenden oluştuğu görülmektedir. Bu yapıda alışverişi gerçekleştirecek kişinin veya kurumun kimliği önemli olmamakla birlikte işlemler elektronik cüzdanlar arasında gerçekleşirken, internet üzerinden gerçekleştirilen işlemlerde ise alışverişin güvenli olmasını sağlayan asimetrik yapıda kriptografi teknikleri kullanılmaktadır (Kırbaş, 2018). Blokzinciri teknolojisi çalışma mantığı Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Blokzincir Çalışma Mantığı (Crosby, Pattanayak, Verma ve Kalyanaraman, 2016)

Blokzinciri kavramı sadece sanal paralar ile ilişkilendirilmemelidir. Yapısının dağıtık olması, şeffaflık ve veri güvenliğini sağlama gibi özellikler ile sahip olduğu uzlaşma protokolleri, akıllı sözleşmeler ve güvenlik yapıları gibi çeşitli teknolojilerle birlikte kullanımının anlaşılması önem arz etmektedir (Tanrıverdi, Uysal ve Üstündağ, 2019). Blokzinciri bir hesap hareketi kaydını veya hesap defteri girişini temsil eden veri yapısına sahiptir. her hesap hareketinin gerçekliğini

koruma altına almak amacıyla dijital olarak imzalanarak kimsenin müdahale edemediği, böylelikle hem hesap defteri hem de içindeki hesap hareketlerinin güvenilirliğini devam ettirdiği kabul edilmektedir (Sönmez, 2016).

Yapılan çalışmada blokzinciri teknolojisi ile eski merkezi ve dağıtık veri tabanı sistemleri arasında karşılaştırma gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda veri tabanı yapıları arasındaki farklılıkları simgeleyen farklılıklar Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Veri tabanı yapıları (İşler, Takaoğlu, ve Küçükali, 2019)

1. **Merkezi veri tabanı** yapısında, tüm veri tek bir veri tabanında kaydedilebilmektedir (sarı nokta). Veriyi elde etmek isteyen kullanıcılar (mavi noktalar) veri tabanı ile bağlantıya geçmektedirler.
2. **Merkeziyetsiz veri tabanı** yapısı incelediğinde veriler önceden belirlenmiş olan veri tabanlarına kaydedilir. Birbirleriyle uyumlu çalışabilen veri tabanları sayesinde veri güvenliği bir ölçüde sağlanmış olur.
3. **Dağıtık veri tabanı** yapısında ise veri tabanı bir merkeze bağlı değildir. Her bir kullanıcı için bir veri tabanı işlemi görmektedir. Eşler arası veri aktarımı bu sayede gerçekleştirilmektedir (Bozic, Pujolle ve Secci, 2016).

3. Literatür Taraması

Çalışmanın bu bölümünde blokzinciri teknolojisi konusunda yapılmış çalışmalara yer verilmektedir. İncelenen çalışmalarda blokzinciri teknolojisinin uygulama alanlarına ve çalışma sonucunda elde edilen kazanımlara değinilmiştir.

Singh ve Singh (2016) yaptıkları çalışmada blokzincirin konseptini, özelliklerini, ihtiyacını ve Bitcoin' in nasıl çalıştığını açıklamışlardır. Bankacılığın, finans kurumlarının ve Nesnelerin İnternetinin (IoT) benimsenmesinin geleceğini şekillendirmede blokzincirin rolünü vurgulamışlardır. Tian (2016) RFID (Radio-Frequency IDentification) ve blokzinciri teknolojisinin kullanım ve geliştirme durumunu incelemiş, ardından tarım-gıda tedarik zinciri izlenebilirlik sistemini oluştururken RFID ve blok zincir teknolojisini kullanmanın avantajlarını ve dezavantajlarını analiz etmiş, son olarak bu sistemin yapım sürecini göstererek çalışmasını tamamlamıştır. Xu, Weber, Staples, Zhu, Bosch, Bass, Pautasso ve Rimba (2017), yazılım yapılarının değerlendirilmesi ve tasarlanmasında blokzinciri tabanlı sistemleri gruplandırarak karşılaştırmışlardır. Yapılan gruplandırma ile blokzinciri tabanlı sistemlerin performans ve kalite özellikleri hakkında önemli mimari hususlara yardımcı olmayı amaçlamışlardır. Durğay ve Karaarslan (2018) blokzinciri teknolojisini merkezi olmayan ve sağlama süreçleri ile değişmezliği garantileyen işlem kayıtlarının takibini sağlayan bir teknoloji olarak tanımlamışlardır. Devlet yönetiminde blokzinciri teknolojisinin sağlayabileceği yararlar ve etkilerine değinerek e-

devlet uygulamaları konusunda yapılan çalışmalarını incelemişlerdir. Kırbaş (2018) blokzinciri teknolojisi ve yakın gelecekteki uygulama alanlarına yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Çalışmasında blokzinciri yapısını detaylı bir şekilde inceleyerek geleneksel alışveriş yöntemleri ile blokzinciri yapısı arasındaki temel farklılıkları ortaya koymuştur. Rahmadika, Ramdania ve Harika (2018) çalışmalarında; enerji sektöründe blokzinciri teknolojisinin öne çıkan uygulama ve güvenlik sorunlarını analiz ederek önerilen sistemde meydana gelebilecek birkaç saldırının performansını vurgulamışlardır. Ünsal ve Kocaoğlu (2018) blokzinciri yapısı ve kripto para kavramını, kullanım alanlarını, geleceğini ve açık konularını sistematik olarak inceleyerek tartışmışlardır. Blokzinciri teknolojinin akademik çalışmalar ile desteklenerek daha ileri seviyelere ulaştırılabileceği vurgulamışlardır. Taş ve Kiani (2018) çalışmalarında Bitcoin ve Bitcon'in kullandığı blokzinciri altyapısına karşı gerçekleştirilen farklı saldırıları incelemişlerdir. Yeniden tasarlanan kriptografi algoritmalarının ortaya konması gerektiğine ve gelecekte birçok uygulama alanına yayılacak blokzinciri teknolojisi için güvenliğin sağlanmasının önem arz ettiğine dikkat çekmişlerdir. Yıldırım (2018) çalışmasında ilk olarak blokzinciri teknolojisinin teknik altyapısını ve gelişim evrelerini inceleyerek daha sonra açık ve uzaktan öğrenme alanında blokzincir teknolojisi üzerinde durmuştur. Toplum 5.0 kavramı temelinde blokzincir teknolojisinin tartışılabileceğini önermiştir. Tanrıverdi, Uysal, ve Üstündağ (2019) çalışmalarında bir literatür taraması ile blokzinciri teknolojisinin doğru tanımlanması ve blokzinciri teknolojisinin farklı alanlarda kullanımı hakkında örnekler sunmayı amaçlamışlardır. Bu alanda yetişmiş insan güçlerinin, rekabetçi hale gelerek küresel ekonomiye katkıda bulunmak için daha fazla imkan sahibi olmalarına değinmişlerdir. Viriyasitavat ve Hoonsoon (2019) çalışmalarında, blokzincirini tanımlayarak iş süreçlerinin özelliklerini araştırmışlardır. Blokzinciri çağında iş süreçleri mimarisi önermişler, bu sayede zaman tutarsızlığı ve fikir birliği önyargısı sorunlarının üstesinden gelmeyi amaçlamışlardır. Liu, Hu, Zhang, Li ve Liu (2020) çalışmalarında kapsamlı etki faktörlerini göz önünde bulundurarak işletmeler için hangi blokzinciri tedarikçisinin daha uygun olduğunu seçmeye yönelik bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. En uygun blokzinciri tedarikçisini seçmek için yeni bir yöntem sunarak karar sonuçlarını daha güvenilir hale getirmek

adına karar vericilerin kapsamlı bir şekilde ağırlıklandırılması için Entropi, TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) ve BWM (the best-worst method) yöntemlerini kullanarak sezgisel bulanık bir ortamda çözümü gerçekleştirmişler. Uzun (2020) çalışmasında akıllı sözleşmeler ile blokzinciri kavramlarını incelemiş ve gelişmelerin takip edilmesi bakımından bu konular hakkında bilgi sahibi olmak, gerekli altyapı hazırlıklarına katkı sağlamak, blokzinciri teknolojisinin uyarlamaları için teşvik sağlamak ve kodlama eğitimi almanın büyük önem taşıdığını belirtmiştir. Sáez (2020) yaptığı çalışmada blok zinciri teknolojisine üzerine inşa edilen güveni ele alarak, blok zinciri teknolojisinde etkin platformlar oluşturulurken karşılaşılan ana zorlukları tanımlamış, yeni başlayanlar ve görevli kişilerin belirtilen sebeplerin üstesinden gelebilmeleri için öneriler sunmuştur. Kırbaç ve Tektaş (2021) çalışmalarında üçüncü parti lojistik işletmelerde blokzinciri teknolojisine kullanılmasına yönelik bir AHP yöntemi uygulaması gerçekleştirmişlerdir. Yıkıcı bir teknoloji olarak nitelendirilen blokzincirinin, yalnızca lojistik hizmet sunan işletmeler için değil birçok sektörde kullanılmasına ilişkin çalışmaların artırılmasının faydalı olacağına değinmişlerdir. Yang, Garg, Huang ve Kang (2021) yaptıkları çalışmada blokzinciri tabanlı konuşma sisteminin henüz mevcut olmadığına değinerek farklı özelliklere sahip çeşitli blok zinciri platformları olduğunu belirtmişlerdir. Bilgiye dayalı konuşma sistemi için en uygun blok zinciri platformunu belirlemeye yönelik AHP, Bulanık AHP ve TOPSIS yöntemlerini kullanarak karar modeli geliştirmişlerdir.

Blokzinciri teknolojisi konusunda yapılan çalışmaların genellikle blokzinciri çeşitleri, çalışma prensibi, mimarisi ve kullanım alanları hakkında olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmada ise diğer veri tabanı sistemleri arasında ÇKKV yöntemlerinden AHP ve PROMETHEE yöntemi kullanılarak sıralama yapılmıştır. Çalışmanın farklı bir bakış açısı kazandırması amaçlanmıştır.

Yapılan literatür incelemesi sonucunda bu çalışmanın literatüre sağladığı katkılar aşağıda verilmiştir.

- Veri yapıları sistemlerinde en etkili kriterler belirlenmiş ve bu kriterler literatürde ilk kez birbiri ile kıyaslanarak önem sıralamaları elde edilmiştir.
- Veri yapıları sıralaması literatürde ilk defa belirtilen kriterler dikkate alınarak yapılmıştır.

- Blokzinciri teknolojisi ile merkezi ve dağıtık veri tabanı sistemleri arasında kıyaslama literatürde ilk defa AHP ve PROMETHEE yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

4. Yöntemler

Yapılan çalışmada literatürde yaygın bir şekilde kullanılan ÇKKV yöntemlerinden AHP ve PROMETHEE yöntemi uygulanmıştır. AHP yöntemi kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesinde PROMETHEE yöntemi ise ele alınan alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. AHP ve PROMETHEE gibi ÇKKV yöntemleri personel seçimi (Gökkaya ve Kellegöz, 2017), tesis yer seçimi (Boyacı ve Şişman, 2021; Oral, Yapıcı, Yumuşak ve Eren, 2021), üretici seçimi (Seker ve Kahraman, 2021), performans değerlendirme (Adem, Alıcıoğlu ve Dağdeviren, 2019) ve strateji seçimi (Özcan, Yumuşak ve Eren, 2021) gibi birçok problemde kullanılmaktadır. Bununla birlikte ÇKKV yöntemleri tekstil (Aksüt, Tüfekçi ve Eren, 2021) sağlık (Yapıcı, Yumuşak ve Eren, 2020), enerji (Özcan, Yumuşak ve Eren, 2019; Derse ve Yontar, 2020; (Özcan, Danışan, Yumuşak ve Eren, 2020), lojistik (Büyüközkan ve Güleriyüz, 2016; Oral, Yumuşak ve Eren, 2021) ve imalat (Yazıcı, Eren ve Alakaş, 2021) gibi birçok sektörde farklı problem tiplerinde geniş uygulama alanına sahiptir. Bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

4.1 AHP Yöntemi

ÇKKV problemlerinin pratik çözümü için Saaty (1980) tarafından geliştirilen AHP yöntemi, karar vericilere ait nesnel ve öznel düşüncelerini karar verme sürecine dahil etmektedir. Geniş uygulama alanına sahip olan AHP yöntemi, çok sayıda karar verme probleminde kullanılmaktadır. Tercih edilmesinin sebebi karar vericiler tarafından kolay anlaşılabilir olmasıdır (Ho, 2008). AHP yöntemine ait uygulama adımları aşağıda verilmiştir.

Adım 1: Hiyerarşik yapının oluşturulması.

Yöntemin ilk adımında belirlenen problem için karar hiyerarşisinin oluşturulmaktadır.

Adım 2: Kriterlerin karşılaştırılması.

Adım 1'de oluşturulan hiyerarşik yapıya göre alternatiflerin kriterler için birbiriyle ve her bir kriterin kendi arasında ikili karşılaştırılması ile karar matrisleri oluşturulmaktadır. Karar matrisleri Saaty (1980) tarafından belirlenen önem skalası

kullanılarak oluşturulmaktadır. Saaty önem skalası Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1.

Saaty önem skalası (Saaty importance scale)

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Eşit önemli
3	Kısmen önemli
5	Çok önemli
7	Aşırı derece önemli
9	Kesinlikle önemli
2, 4, 6, 8	Ara değerler

Adım 3: Normalize matrislerin ve görelî önem ağırlıklarının elde edilmesi.

Her kriter için Eşitlik(1) kullanılarak normalleştirme işlemi, her kriter için Eşitlik(2) kullanılarak önem ağırlıkları hesaplanmaktadır.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

$$w_i = \frac{\sum_{i=1}^n b_{ij}}{n} \quad (2)$$

Adım 4: Karşılaştırma matrisleri için tutarlılık oranlarının hesaplanması ve kontrol edilmesi.

Tutarlılık indeksi (CI) ve karşılaştırmaların tutarlılıklarının belirlenmesi adına tutarlılık oranı (CR) bulunur. CI, CR hesaplamaları için kullanılan formüller Eşitlik(3) ve Eşitlik(4)’te verilmiştir;

$$CI = \frac{\lambda_{maks} - n}{n - 1} \quad (3)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (4)$$

0,1’den küçük bulunan CR değerleri tutarlı kabul edilir. RI değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Adım 5: En iyi alternatifin belirlenmesi ve seçimi.

AHP yöntemi sonucunda en yüksek önem ağırlığına sahip olan alternatif en iyi alternatif olarak seçilmektedir.

Tablo 2

RI değerleri (RI values) (Saaty, 1999)

n	1 ve 2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0,58	0,9	1,12	1,2	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

4.2 PROMETHEE Yöntemi

PROMETHEE yöntemi Jean-Pierre Brans tarafından 1982 yılında ÇKKV problemleri için bir çözüm yöntemi olarak geliştirilmiştir. Seçilen kriterler ve tercih fonksiyonları sayesinde ikili karşılaştırmalar yapılarak alternatiflerin değerlendirilmesine olanak sağlayan bir önceliklendirme yöntemidir (Genç, 2013). PROMETHEE yönteminin uygulama adımları aşağıda verilmiştir.

Adım 1: Veri matrisinin oluşturulması.

Problem çözümünde kullanılan alternatifler, kriterler ve bunlara ilişkin ağırlıklar için veri matrisi oluşturulmaktadır.

Adım 2: Kriterler için tercih fonksiyonların tanımlanması.

Kriter yapılarına uygun 6 farklı tercih fonksiyonu arasından en uygun fonksiyon tipi seçilmektedir. Fonksiyon tipleri Tablo 3’te verilmiştir.

Adım 3: Ortak tercih fonksiyonlarının belirlenmesi.

x ve y alternatiflerinin tercih indeksi w_j ($j=1,2,\dots,k$) ağırlıklarına sahip k kriteri Eşitlik(5)’teki formül ile hesaplanmaktadır.

$$P(x,y) = \begin{cases} 0 & , f(x) \leq f(y) \\ p[f(x) - f(y)] & , f(x) > f(y) \end{cases} \quad (5)$$

Adım 4: Tercih indekslerinin belirlenmesi.

Her alternatif çifti için tercih indeksleri belirlenmektedir. Eşitlik(6) ile tercih indeksi hesaplanmaktadır.

$$\pi(x,y) = \frac{\sum_{i=1}^k w_i * P_i(x,y)}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad (6)$$

Adım 5: Alternatifler için negatif Φ^- ve pozitif Φ^+ üstünlükler belirlenmesi.

x alternatifi için pozitif ve negatif üstünlük Eşitlik(7) ve Eşitlik(8)’deki formüller ile hesaplanmaktadır.

$$\Phi^+(x) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(x,y) \quad (7)$$

$$\Phi^-(x) = \frac{1}{n-1} \sum \pi(y,x) \quad (8)$$

Tablo 3

Tercih fonksiyonları (Oral, Yapıcı, Yumuşak, ve Eren, 2021)

Tercih Fonksiyonu Tipi	Fonksiyon Tanımı	Parametre
Birinci Tip (Olağan)	$P(d) = \begin{cases} 0, & \forall x \leq 0 \\ 1, & \forall x \geq 0 \end{cases}$	-
İkinci Tip (U Tipi)	$P(d) = \begin{cases} 0, & x \leq 1 \\ 1, & x \geq 1 \end{cases}$	1
Üçüncü Tip (V Tipi)	$P(d) = \begin{cases} \frac{x}{m}, & x \leq m \\ 1, & x \geq m \end{cases}$	m
Dördüncü Tip (Seviyeli)	$P(d) = \begin{cases} 0, & x \leq q \\ \frac{1}{2}, & q < x \leq q + p \\ 1, & x > q + p \end{cases}$	q, p
Beşinci Tip (Lineer)	$P(d) = \begin{cases} 0, & x \leq s \\ \frac{(x-s)}{r}, & s < x \leq s + r \\ 1, & x > s + r \end{cases}$	s, r
Altıncı Tip (Gaussian)	$P(d) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ 1 - e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, & x > 0 \end{cases}$	σ

Adım 6: En iyi alternatifin belirlenmesi ve seçimi.

Kısmi önceliklerin belirlenmesi için gereken durumlar aşağıda verilmiştir:

1.Durum: Eşitlik(9), Eşitlik(10) ve Eşitlik(11)'de verilen koşullardan herhangi biri sağlanıyorsa x alternatifi y alternatifine tercih edilir.

$$\Phi^+(x) > \Phi^+(y) \text{ ve } \Phi^-(x) < \Phi^-(y) \quad (9)$$

$$\Phi^+(x) > \Phi^+(y) \text{ ve } \Phi^-(x) = \Phi^-(y) \quad (10)$$

$$\Phi^+(x) = \Phi^+(y) \text{ ve } \Phi^-(x) < \Phi^-(y) \quad (11)$$

2.Durum: Eşitlik(12)' de verilen koşul sağlanıyorsa x alternatifi ile y alternatifi aynıdır.

$$\Phi^+(x) = \Phi^+(y) \text{ ve } \Phi^-(x) = \Phi^-(y) \quad (12)$$

3.Durum: Aşağıda Eşitlik(13) ve Eşitlik(14)'te verilen koşullardan herhangi biri sağlanıyorsa x alternatifi y alternatifi ile karşılaştırılmaz.

$$\Phi^+(x) > \Phi^+(y) \text{ ve } \Phi^-(x) > \Phi^-(y) \quad (13)$$

$$\Phi^+(x) < \Phi^+(y) \text{ ve } \Phi^-(x) < \Phi^-(y) \quad (14)$$

Adım 7. PROMETHEE II ile alternatifler için tam önceliklerin belirlenmesi:

PROMETHEE II' de Eşitlik(15)'te verilen formül yardımıyla alternatiflerin tam öncelikleri belirlenir. Hesaplanan alternatiflerin tam öncelik değerleri kullanılarak alternatifler aynı düzlemde değerlendirilerek genel sıralama belirlenir (Akıncı, Danışan ve Eren, 2021).

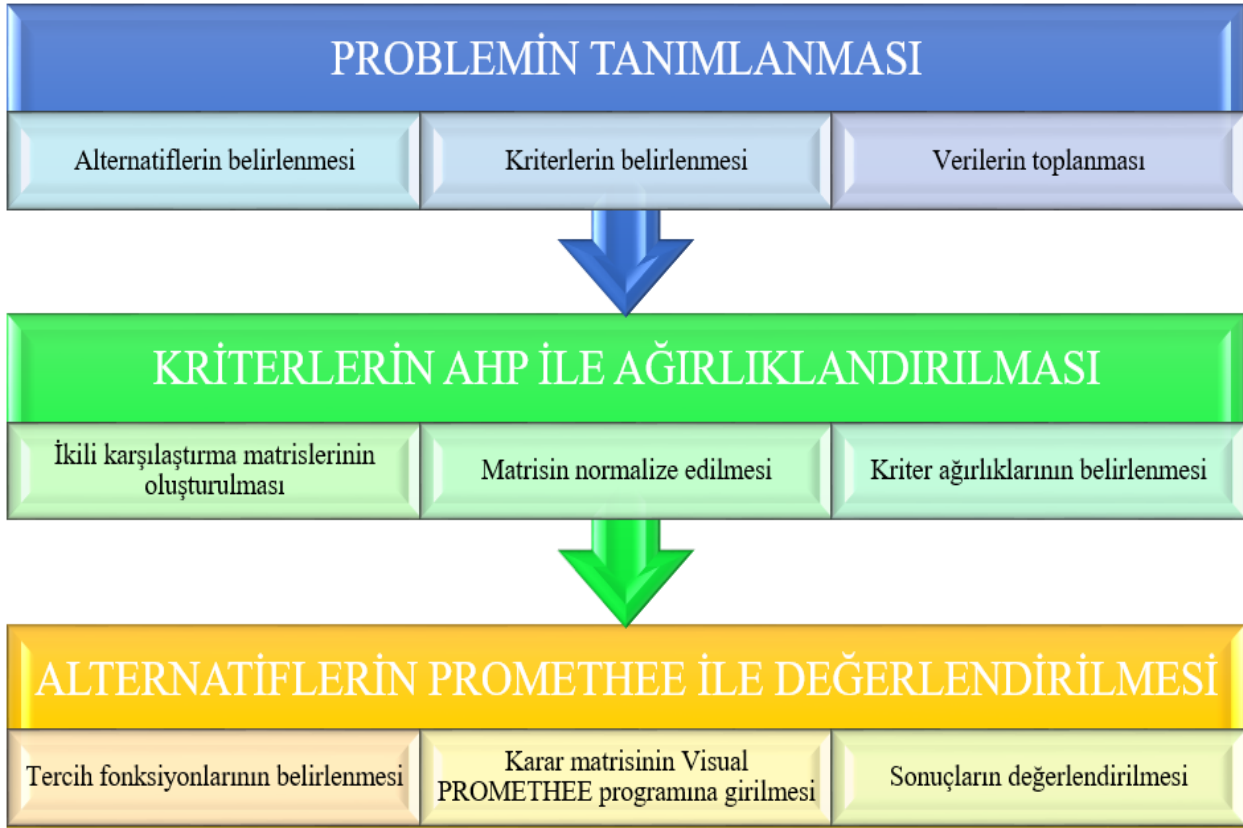
$$\Phi(x) = \Phi^+(x) - \Phi^-(x) \quad (15)$$

5. Uygulama

Bu çalışmada blokzinciri teknolojisi ele alınmıştır. Geleneksel sistemlerden farklılıklarına bakılarak bir kıyaslama gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın bu kısmında, elde edilen literatür taraması sonucunda belirlenen kriterlere göre ÇKKV yöntemlerinden AHP ve PROMETHEE yöntemleri kullanılarak günümüzde giderek değerlendirilen blokzinciri

teknolojisi ile merkezi ve dağıtık veri tabanı sistemleri arasında kıyaslama yapılmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan yöntem adımlarının

özetlendiği bir akış şeması oluşturulmuş ve Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Uygulama akış şeması

5.1 Problemin Tanımlanması

Blokszinciri teknolojisi günümüzde pek çok kurum ve kuruluşun ilgisini çekmekte olup farklı alanlarda güvenliği ve verimliliği iyileştirmek için önerilmektedir. Bu sebeple önümüzdeki yıllarda kullanım oranının hızla artacağını öngörülmektedir. Blokszinciri teknolojisi, tek merkeze dayalı veri tabanı sistemlerinde önemli bir problem haline gelen güven yapısı sorununu dağıtarak daha verimli çalışmasını hedeflemektedir. Yapılan çalışmada geleneksel sistemler ile arasındaki farklılıkları belirlemek adına blokszinciri teknolojisi ile merkezi ve dağıtık veri tabanı sistemleri arasında sıralama problemi ele alınmıştır.

5.1.1 Alternatifler

Literatür incelendiğinde blokszinciri teknolojisi, merkezi veri tabanı ve dağıtık veri tabanı sistemleri arasında avantaj ve dezavantajlar göz önüne alınarak kıyaslama yapıldığı görülmüştür. Bundan hareketle bu uygulamada blokszinciri teknolojisi (A1) ile merkezi veri tabanı (A2) ve dağıtık veri tabanı (A3) sistemleri alternatif olarak seçilmiş ve sıralama yapılmıştır.

5.1.2 Kriterler

Bu uygulamada kayıt bütünlüğü (K1), kullanılabilirlik (K2), hata toleransı (K3), gizlilik (K4), işlem zamanı (K5) ve güvenilirlik (K6) kriterleri belirlenmiştir.

Kayıt Bütünlüğü (K1): Çoğu geleneksel veri tabanında çok eski zamanlara ait veriler silinir ve belirli bir zaman için güncel olan bilgiler tutulmaktadır. Blokzinciri teknolojisinde her düğüm kendine ait bir geçmişe sahip veri tabanı oluşturabilmektedir. Her yeni işlem bir önceki bloğa ekleneceği için blokzinciri ağına girdiğinde geçmişe ait tüm veri kümesini saklanmak zorundadır. Bu bağlamda kayıt bütünlüğü önem arz etmektedir (Bauerle, 2019; Bozic, Pujolle ve Secci, 2016).

Kullanılabilirlik (K2): Bilgiye her ihtiyaç duyulduğu anda kullanıma hazır olması anlamına gelmektedir. Herhangi bir problem çıkması durumunda dahi bilginin erişilebilir olması kullanılabilirlik özelliğinin bir gereğidir. Kullanılabilirlik blokzincir için yüksek, merkezi veri tabanı için düşük ve dağıtık veri tabanı için ise ortadır (Karaarslan ve Akbaş, 2017; Christidis ve Devsikiotis, 2016).

Hata Toleransı (K3): Hata gerçekleşme oranını en aza indirmek ve kullanıcıların bir hatayla karşılaştıklarında yaptıkları işe yeniden entegre edebilecek çözümler sunulması "hata toleransı" olarak açıklanmaktadır. Hata toleransı blokzincir için yüksek, merkezi veri tabanı için düşük ve dağıtık veri tabanı için ise yüksektir (Bozic ve diğ., 2016; Karaarslan ve Akbaş, 2017).

Gizlilik (K4): Geleneksel veri tabanı sistemlerinde depolanmış verilere erişim belirli kişilerin yetkisi ile sağlanabilmektedir. Bu sebeple saldırı durumları dışında yetkisiz kişilerin verilere erişimi mümkün olmamaktadır. Blokzinciri sisteminde, verilerin okunma talebinin onaylanıp onaylanmayacağı merkezi yetkili makamlar ile ilişkili değildir (Greenspan, 2019). Blokzinciri yapısı geleneksel veri tabanı sistemlerine göre daha gizlidir. Gizlilik için kullanılan şifreleme işlemleri zaman ve yüksek işlem gücü gerektirdiğinden, geleneksel veri tabanları ön plana çıkmaktadır. Blokzinciri ağında işlemleri gerçekleştiren düğümler gizli bir kimliğe sahipken geleneksel yapılar da ise her kullanıcı

belirli bir kimliğe sahiptir (Sasson, Chiesa, Garman, Green, Miers, Tromer ve Virza, 2014; Swanson, 2015).

İşlem Zamanı (K5): Blokzincirleri günümüzdeki yapısı itibarıyla geleneksel veri tabanlarına kıyasla daha yavaş işlem gerçekleştirebilmektedir (Ünal ve Uluyol, 2020). Blokzinciri yazılımlarının işlem zamanı bakımından yeni ve optimize olmaması süreleri aza indirme konusunda avantaj sağlamamaktadır (Bozic, Pujolle ve Secci, 2016).

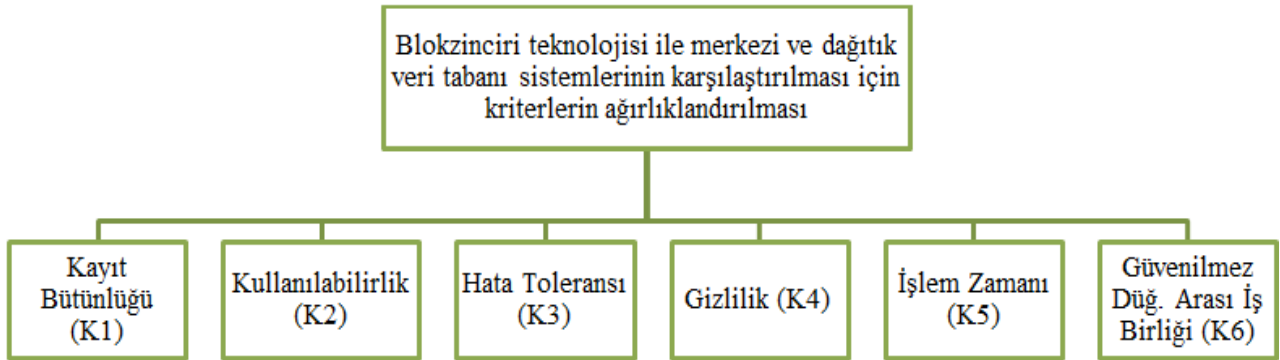
Güvenilmez Düğümler Arası İş Birliği (K6): Veri güvenliğini sağlayabilmek adına geleneksel veri tabanı sistemlerinde fazla sayıda sistemsel önlem alındığı görülmektedir. Blokzinciri uygulamaları arasında güvenlik anlayışı farklılık göstermektedir. Hizmet sağlamayan düğüm olsa dahi kalan düğüm veri kaybı olmaksızın işlemi sürdürmektedir. Özetleme şifreleri sayesinde hizmet sağlamayan düğümde veriler değiştirilse dahi mutabakata katılamayacak ve diğer düğümler tarafından doğrulanmayacaktır (Bozic, Pujolle ve Secci, 2016; Kakavand, Kost De Sevres ve Chilton, 2017; Tanrıverdi, 2019; Ünal ve Uluyol, 2020).

5.2 Problemin Çözümü

Yapılan çalışmada ilk olarak AHP yöntemi kullanılarak kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen kriter ağırlıkları Visual PROMETHEE programına girilerek blokzinciri teknolojisi ile eski merkezi ve dağıtık veri tabanı sistemleri arasında sıralama yapılmıştır.

5.2.1 Kriterlerin AHP Yöntemi ile Ağırlıklandırılması

Çalışmanın bu kısmında AHP yöntemi kullanılarak kriter ağırlıkları elde edilmiştir. AHP yönteminde kullanılan hiyerarşik yapı Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. AHP karar hiyerarşisi

Karşılaştırma matrisi Saaty'nin (1980) önem skalası baz alınarak doldurulmuştur. Kriterler değerlendirilirken literatür taramasından elde edilen sonuçlar analiz edilerek grup karar verme süreci uygulanmıştır. Grup karar verme sürecinde konunun uzmanlarından ikili karşılaştırmaları ortak karara vararak oluşturmaları istenmiştir. Uzmanlar üç kişi olup 2 ile 6 yıl arasında mesleki tecrübeye sahiptirler. Uzmanlar dijital dönüşüm konusu üzerinde çalışmaktadırlar. Uzmanlar tarafından oluşturulan kriterler arası karşılaştırma matrisi Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4

Kriterler arası ikili karşılaştırma matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	1,00	2,00	3,00	0,50	4,00	5,00
K2	0,50	1,00	2,00	0,33	3,00	4,00
K3	0,33	0,50	1,00	0,25	2,00	3,00
K4	2	3,00	4,00	1,00	5,00	6,00
K5	0,25	0,33	0,50	0,20	1,00	2,00
K6	0,20	0,25	0,33	0,17	0,50	1,00

Tablo 4'te verilen karşılaştırma matrisi oluşturulurken veri takibinin yapılmasında şeffaflık ve kamuya açıklığın sağlanabilmesi adına gizlilik önemli bir kriter olarak değerlendirilmiştir (Glaser, 2017). Veri tabanı yapıları, kayıtların silinip değiştirilmesine imkan verme olanağı açısından incelendiğinde kayıt bütünlüğü kriteri öne çıkmaktadır (Tanrıverdi, 2019). Veri tabanı sistemlerinde bir problem çıkması durumunda dahi veriye erişim kolaylığı kullanılabilirlik kriteri ile ilişkili olarak değerlendirilmiştir (Karaarslan ve Akbaş, 2017). Doğru sonuçların elde edilmesi açısından hata ile karşılaşılmaması sonucunda yapılan işleme hızlı uyum sağlanabilmesi için hata toleransı

önemli bir kriterdir. Günümüz teknolojilerinde veri tabanı sistemleri için zaman önemli bir rekabet unsuru haline gelmiştir. Bu sebeple işlem süreleri önem arz etmektedir. Veri tabanı yapılarının herkese açık olduğu ağlarda güvenilmez düğümlere rastlanılabilmemesi mümkündür. Bu sebeple düğümler arasındaki uzlaşmanın nasıl olacağı güvenlik açısından önem arz etmektedir (Tanrıverdi, 2019). Elde edilen kriter karşılaştırma matrisindeki her değer sütun toplamına bölünerek normalize karar matrisi elde edilmiştir. Normalize karar matrisi Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5

Normalize karar matrisi

	K1	K2	K3	K4	K5	K6
K1	0,23	0,28	0,28	0,20	0,26	0,24
K2	0,12	0,14	0,18	0,14	0,19	0,19
K3	0,08	0,07	0,09	0,10	0,13	0,14
K4	0,47	0,42	0,37	0,41	0,32	0,29
K5	0,06	0,05	0,05	0,08	0,06	0,10
K6	0,05	0,04	0,03	0,07	0,03	0,05

Karşılaştırma matrisi için CR değeri 0,02 olarak hesaplanmış ve bu değer 0,10'dan küçük olduğu saptanarak tutarlı oldukları görülmüştür. AHP yöntemi uygulanarak elde edilen kriter ağırlıkları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6

AHP yöntemi kriter ağırlıkları

Kriter Ağırlıkları	
K1	0,25
K2	0,16
K3	0,10
K4	0,38
K5	0,07
K6	0,04

Bulunan kriter ağırlıkları incelendiğinde veri tabanı sistemlerinde en önemli kriterin K4 olduğu görülürken sonrasında sırasıyla K1, K2, K3, K5 ve K6 kriterlerinin takip ettiği görülmüştür. Günümüzde veri yapıları sistemlerinde işlemlerin kamuya açık ve şeffaf gerçekleştirilmesi kullanıcılarda güven sağlanması açısından son derece önemlidir. Bu sebeple AHP yönteminden elde edilen sonuçlar da gizlilik kriterinin önemini doğrular niteliktedir.

Tablo 7

Veri matrisi (Bozic, Pujolle ve Secci, 2016)

Özellikler	Blokcinciri	Merkezi Veri tabanı	Dağıtık Veri tabanı
Kayıt Bütünlüğü	Yüksek	Orta	Orta
Kullanılabilirlik	Yüksek	Düşük	Orta
Hata Toleransı	Yüksek	Düşük	Yüksek
Gizlilik	Düşük	Yüksek	Orta
İşlem Zamanı	Düşük	Yüksek	Orta
Güvenilmez Düş.	Yüksek	Düşük	Düşük

Tablo 7'de Bozic ve arkadaşları (2016) tarafından belirlenen veriler ile her kriter için en uygun tercih fonksiyonu seçilerek Visual PROMETHEE programı kullanılmış ve çözüm gerçekleştirilmiştir. Kayıt bütünlüğünün, merkezi veri tabanında ve dağıtık veri tabanında orta, blokcincirinde ise yüksek olduğu görülmüştür. Kullanılabilirliğin, merkezi veri tabanında düşük, dağıtık veri tabanında orta, blokcincirinde ise yüksek olduğu görülmüştür. Hata toleransının, merkezi veri tabanında düşük, dağıtık veri tabanı ve blokcincirinde ise yüksek olduğu görülmüştür. Literatürden elde edilen bilgilere göre gizlilik, eski sistemlerden ve özellikle de tüm veri tabanı içeriği talebinin karşılandığı merkezi sistemlerden çok daha düşüktür (Sasson, Chiesa, Garman, Green, Miers, Tromer ve Virza, 2014). Böylelikle gizliliğin, merkezi veri tabanında yüksek, dağıtık veri tabanında orta, blokcincirinde ise düşük olduğu görülmüştür. İşlem zamanının, merkezi veri tabanında yüksek, dağıtık veri tabanında orta, blokcincirinde ise düşük olduğu görülmüştür. Güvenilmez düğümler arası iş birliğinin, merkezi veri tabanında ve dağıtık veri tabanında düşük,

5.2.2 Problemin PROMETHEE Yöntemi ile Çözümü

Çalışmanın bu kısmında AHP çözümünden elde edilen kriter ağırlıkları kullanılarak yapılan PROMETHEE çözümü anlatılmıştır. Çözümün ilk aşamasında alternatifler için veri matrisi oluşturulmuştur. Oluşturulan veri matrisi Tablo 7'de verilmiştir.

blokcincirinde ise yüksek olduğu görülmüştür. Bir veri tabanı sisteminde kayıtların silinip değiştirilmesine daha az olanak tanınarak kayıt bütünlüğü sağlanabilmektedir. Kayıt bütünlüğünün önemli olması sebebi ile yönü maksimum olarak belirlenmiştir. Veriye erişim kolaylığının sağlanabilmesi için kullanılabilirliğin değerlendirme yönü maksimum olarak belirlenmiştir. Yapılan işlemlerdeki hatalara hızlı uyum sağlanabilmesi adına hata toleransı yüksek olmalıdır ve bu sebeple değerlendirme yönü maksimum olarak belirlenmiştir. Veri tabanı sistemlerinde işlemlerin sonuçlarına en hızlı şekilde ulaşabilmek adına işlem zamanının değerlendirme yönü maksimum olarak belirlenmiştir. Veri takibinde şeffaflığın sağlanabilmesi adına gizlilik kriterinin değerlendirme yönü minimum olarak belirlenmiştir. İşlem güvenliğinin sağlanması açısından güvenilmez düğümler arası iş birliğinin minimum düzeyde olması gerekmektedir. Program arayüzü Şekil 5'te verilmiştir.

Visual PROMETHEE Academic - blokzincir.vpg (not saved)

File Edit Model Control PROMETHEE-GAIA GDSS GIS Custom Assistants Snapshots Options Help

Scenario1	Kayıt Bütünlü...	Kullanılabilirlik	Hata Toleransı	Gizlilik	İşlem Zamanı	Guvenilmez ...
Unit	impact	impact	impact	impact	impact	impact
Cluster/Group	◆	◆	◆	◆	◆	◆
Preferences						
Min/Max	max	max	max	min	max	min
Weight	0,25	0,16	0,10	0,38	0,07	0,04
Preference Fn.	Level	Level	Level	Level	Level	Level
Thresholds	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute	absolute
- Q: Indifference	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
- P: Preference	1,14	1,80	2,28	1,80	1,80	2,28
- S: Gaussian	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
Statistics						
Minimum	3,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Maximum	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
Average	3,33	3,00	3,33	3,00	3,00	2,67
Standard Dev.	0,47	0,82	0,94	0,82	0,82	0,94
Evaluations						
<input checked="" type="checkbox"/> Blokzincir	high	high	high	low	low	high
<input checked="" type="checkbox"/> Merkezi Veri Tabanı	moderate	low	low	high	high	low
<input checked="" type="checkbox"/> Dağıtk Veri Tabanı	moderate	moderate	high	moderate	moderate	low

Şekil 5. Visual PROMETHEE program arayüzü

AHP kriterlerinin ağırlıkları kullanılarak yapılan PROMETHEE çözümü sonucuna Şekil 6'da yer verilmiştir.

PROMETHEE Flow Table

Rank	action	Phi	Phi+	Phi-
1	Blokzincir	0,3875	0,4600	0,0725
2	Dağıtk Veri Tabanı	-0,0275	0,0925	0,1200
3	Merkezi Veri Tabanı	-0,3600	0,0625	0,4225

Şekil 6. PROMETHEE yöntemi çözüm sonucu

PROMETHEE yöntemi sıralama sonuçları incelendiğinde öncelikli alternatifin 0,3875 değeri ile blokzinciri olduğu görülmüştür. Blokzincirini -0,0275 değeri ile dağıtk veri tabanı, -0,3600 değeri ile merkezi veri tabanı izlemiştir. Merkezi ve dağıtk veri tabanına kıyasla yeni bir teknoloji olan ve yaygınlaşmasıyla birlikte eski sistemlerdeki mevcut performans ve güvenlik sorunlarına getirdiği çözümler ile blokzincirinin PROMETHEE yöntemi sonucunda öncelikli alternatif olarak çıkması tutarlı bir sonuç olmuştur.

6. Sonuç ve Tartışma

Yapılan uygulamada veri tabanı sistemlerinden blokzinciri teknolojisi ile merkezi veri tabanı ve dağıtk veri tabanı sistemleri arasında bir sıralama gerçekleştirilmiştir. AHP yöntemi ile kriter ağırlıklarının belirlenip PROMETHEE yöntemi ile

sıralamanın yapıldığı bu çalışmada en önemli kriter gizlilik (K4) olarak belirlenirken en uygun alternatifin de blokzinciri teknolojisi olduğu görülmüştür.

Blokzinciri teknolojisi son dönemlerde yaygınlaşmış, güncel ve çeşitli alanlarda büyük bir gelişim potansiyeline sahiptir. Avantaj ve dezavantajları göz önüne alındığında hızlı bir şekilde geleneksel sistemlerin yerini alması mümkün gözükmesine dahi kayıt bütünlüğü, kullanılabilirlik, güvenilirlik, güvenilmez düğümler arası iş birliği ve hata toleransı kriterlerinde oldukça başarılı performans göstermektedir. Bu kriterlerin ileriki süreçlerde daha da büyük avantajlar kazandırması beklenmektedir. İşlem zamanı düşüklüğü dezavantajlı bir kriter olmakla birlikte gizlilik kriterinin kimileri için avantajlı kimileri için ise dezavantajlı konumda olduğu göze çarpmaktadır. Blokzinciri tabanlı sistemler, gizlilik seviyesinin yüksek olduğu bir servis sunmayı hedeflemektedir.

Blokzinciri teknolojisi mühendislik temelinde büyük gelişmelerin gerçekleşmesiyle kritik dönüşümlerin gözlemleneceği yeni bir alan olarak öne çıkmaktadır. Kısa zamanda çok sayıda hizmet ve ürünün altyapısını oluşturması beklenen blokzinciri teknolojisi hakkında, her yeni teknolojiye olduğu gibi yeni projelerle denemeler yapılarak sistem geliştirilmelidir. Bu çalışmada olduğu gibi ÇKKV yöntemlerinden Bulanık AHP, ANP ve TOPSIS gibi farklı yöntemler ile kıyaslama ve sıralamalar yapıp çözüm sonuçları elde edilebilir. Yapılan çalışmalara

yeni kriterlerin eklenmesiyle literatüre katkı sağlanabilir.

Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırmada; Selma YAPICI ve Nursena ORAL, çalışmada ele alınan probleme ilişkin verilerin toplanması, çözüm yöntemlerinin uygulanması ve sonuçların raporlanması Rabia YUMUŞAK ve Tamer EREN, çalışmada kullanılan yöntemlerin belirlenmesi ve sonuçların doğrulanması konularında katkı sağlamışlardır.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

- Adem, A., Alicioğlu, G., & Dağdeviren, M. (2019). An integrated approach for prioritizing the dealers on the basis of organizational performance measurements. *Endüstri Mühendisliği*, 30(1), 49-62. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/endustrimuhendisligi/issue/48367/593794>
- Akinci, B., Danişan, T. ve Eren, T. (2021). Obezite hastaları için giyilebilir teknolojilerin ÇKKV yöntemleri ile seçimi. *Politeknik Dergisi*, 1-1. Doi: <https://doi.org/10.2339/politeknik.886544>
- Aksüt, G., Eren, T. ve Tüfekçi, M. (2021). Tekstil sektöründe kadın çalışanların maruz kaldığı ergonomik risklerin çok kriterli karar verme yöntemleri ile belirlenmesi. *Endüstri Mühendisliği*, 32(1), 12-33. Doi: <https://doi.org/10.46465/endustrimuhendisligi.789642>
- Angelis, J., & da Silva, E. R. (2019). Blockchain adoption: A value driver perspective. *Business Horizons*, 62(3), 307-314. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.12.001>
- Babacan, M. (2003). Lojistik sektörünün ülkemizdeki gelişimi ve rekabet vizyonu. *Ege Academic Review*, 3(1), 8-15. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/eab/issue/39834/472275>.
- Bauerle, N. (2019). What is the difference between a blockchain and a database? Coindesk, Erişim adresi: <https://www.coindesk.com/>

[information/what-isthe-difference-blockchain-anddatabase/.](https://www.researchgate.net/publication/322554163)

- Boutkhoul, O., Hanine, M., Nabil, M., El Barakaz, F., Lee, E., Rustam, F., & Ashraf, I. (2021). Analysis and evaluation of barriers influencing blockchain implementation in moroccan sustainable supply chain management: an integrated IFAHP-DEMATEL framework. *Mathematics*, 9(14), 1601-1623. Doi: <https://doi.org/10.3390/math9141601>
- Boyacı, A. Ç., & Şişman, A. (2021). Pandemic hospital site selection: a gis-based MCDM approach employing pythagorean fuzzy sets. *Environmental Science And Pollution Research*, 1-13. Doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15703-7>
- Bozic, N., Pujolle, G., & Secci, S. (2016). A tutorial on blockchain and applications to secure network control-planes, in:2016 3rd Smart Cloud Networks Systems (SCNS), 1-8. Doi: <https://doi.org/10.1109/SCNS.2016.7870552>
- Büyüközkan, G. ve Güteryüz, S. (2016). Lojistik firma web sitelerinin performanslarının çok kriterli değerlendirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 31(4), 0-0. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/gazimmfd/issue/26447/278444>
- Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and smart contracts for the internet of things. *Ieee Access*, 4, 2292-2303. Doi: [10.1109/ACCESS.2016.2566339](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2566339)
- Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., & Kalyanaraman, V. (2016). "Blockchain technology: Beyond bitcoin. *Applied Innovation*, 2, 6-10. Erişim adresi: <https://j2-capital.com/wp-content/uploads/2017/11/AIR-2016-Blockchain.pdf>
- Derse, O. ve Yontar, E. (2020). SWARA-TOPSIS yöntemi ile en uygun yenilenebilir enerji kaynağının belirlenmesi. *Endüstri Mühendisliği*, 31(3), 389-419. Doi: <https://doi.org/10.46465/endustrimuhendisligi.798063>
- Durğay, Z. ve Karaarslan, E. (2018). *Blokcinciri teknolojisinin e-devlet uygulamalarında kullanımı: ön inceleme*. Akademik Bilişim Konferansı, Karabük. Erişim adresi: <https://www.researchgate.net/publication/322554163>.

- Greenspan, G. (2019). Blockchains vs centralized databases, Erişim adresi: <https://www.multichain.com/blog/2016/03/blockchains-vscentralized-databases/>.
- Genç, T. (2013). PROMETHEE yöntemi ve GAIA düzlemi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(1), 133-154. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/akuiibfd/issue/1619/20284>.
- Glaser, F. (2017). Pervasive decentralisation of digital infrastructures: a framework for blockchain enabled system and use case analysis. *HICSS*. Doi: <https://doi.org/10.24251/HICSS.2017.186>
- Gökkaya, H., & Kellegöz, T. (2017). Personel tayin işlemleri için AHP, TOPSIS ve Macar algoritması tabanlı karar destek modeli. *Endüstri Mühendisliği*, 28(1), 2-18, Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/endustrimuhenisligi/issue/46686/584137>
- Ho, W. (2008). Integrated analytic hierarchy process and its applications-A literature review. *European Journal of Operational Research*, 186, 211-228. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.01.004>
- İşler, B., Takaoğlu, M. ve Küçükali, U. F. (2019). Blokzinciri ve kripto paraların insanlığa etkileri. *Yeni Medya Elektronik Dergisi*, 3(2), 71-83, Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/ejnm/issue/45008/561087?publisher=aydin>
- Kakavand, H., Kost De Sevres, N., & Chilton B. (2017). The blockchain revolution: an analysis of regulation and technology related to distributed ledger technologies. Doi: <http://doi.org/10.2139/ssrn.2849251>
- Karaarslan, E. ve Akbaş, M. F. (2017). Blokzinciri tabanlı siber güvenlik sistemleri. *Uluslararası Bilgi Güvenliği Mühendisliği Dergisi*, 3(2), 16-21. Doi: <https://doi.org/10.18640/ubgmd.373297>
- Kshetri, N. (2018). 1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives. *International Journal of Information Management*, 39, 80-89. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005>
- Kırbaç, G. ve Tektaş, B. (2021). Blokzinciri teknolojisinin üçüncü parti lojistik (3pl) işletmelerinde kullanılmasına yönelik analitik hiyerarşi süreci (AHP) uygulaması. *İşletme Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 1-16. Doi: <https://doi.org/10.33416/baybem.763265>
- Kırbaç, İ. (2018). Blokzinciri teknolojisi ve yakın gelecekteki uygulama alanları. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 75-82. Doi: <https://doi.org/10.29048/makufebd.365066>
- Liu, S., Hu, Y., Zhang, X., Li, Y., & Liu, L. (2020). Blockchain service provider selection based on an integrated BWM-Entropy-TOPSIS method under an intuitionistic fuzzy environment. *IEEE Access*, 8, 104148-104164. Doi: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2999367>
- Nakamoto, S. (2019). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. Manubot. Erişim adresi: <https://git.dhimmel.com/bitcoin-whitepaper/>
- Oral, N., Yapıcı, S., Yumuşak, R. ve Eren, T. (2021). Pandemi sürecinde sürdürülebilir tedarik zinciri yönetimi için ilaç deposu ve aşı dağıtım merkezi yeri seçimi. *Politeknik Dergisi*, 1-1. Doi: <https://doi.org/10.2339/politeknik.884835>
- Oral, N., Yumuşak, R. ve Eren, T. (2021). AHP ve ANP yöntemleri kullanılarak tehlikeli madde depo yeri seçimi: Kırıkkale ilinde bir uygulama. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10(1), 115-124. Doi: <https://doi.org/10.28948/ngumuh.744734>
- Özcan, E., Danişan, T., Yumuşak, R., & Eren, T. (2020). An artificial neural network model supported with multi criteria decision making approaches for maintenance planning in hydroelectric power plants. *Eksplatacja I Niezawodność - Maintenance and Reliability*, 21(3), 400-418. Doi: <http://dx.doi.org/10.17531/ein.2020.3.3>
- Özcan, E., Yumuşak, R., & Eren, T. (2019). Risk based maintenance in the hydroelectric power plants. *Energies*, 12(8), 1502-1523. Doi: <https://doi.org/10.3390/en12081502>
- Özcan, E., Yumusak, R., & Eren, T. (2021). A novel approach to optimize the maintenance strategies: a case in the hydroelectric power plant. *Eksplatacja I Niezawodnosc-Maintenance And Reliability*, 23(2), 324-337. Doi: <http://doi.org/10.17531/ein.2021.2.12>
- Rahmadika, S., Ramdania D.R., & Harika M. (2018). Security analysis on the decentralized energy trading system using blockchain technology.

- Journal Online Informatika*, 3(1): p. 44-47. Doi: <https://doi.org/10.15575/join.v3i1.207>
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, USA.
- Saaty, T. L. (1999). Fundamentals of the analytic network process. *Proceedings Of Isahp*, Kobe, Japan, 48-63. Erişim adresi: <http://shaghoool.ir/Files/1999-200.pdf>
- Sáez, M. (2020). Blockchain-enabled platforms: challenges and recommendations. *International Journal of Interactive Multimedia & Artificial Intelligence*, 6(3), 73-89. Doi: [10.9781/ijimai.2020.08.005](https://doi.org/10.9781/ijimai.2020.08.005)
- Sasson, E. B., Chiesa, A., Garman, C., Green, M., Miers, I., Tromer, E. & Virza, M. (2014). Zerocash: *Decentralized anonymous payments from bitcoin*. IEEE Symposium on Security and Privacy, 459-474, Berkeley, CA, USA. Doi: <https://doi.org/10.1109/SP.2014.36>
- Seker, S., & Kahraman, C. (2021). Socio-economic evaluation model for sustainable solar pv panels using a novel integrated MCDM methodology: a case in Turkey. *Socio-Economic Planning Sciences*, 77, 100998. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100998>
- Singh, S., & Singh, N. (2016). Blockchain: Future of financial and cyber security, in: 2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I), 463-467. Doi: <https://doi.org/10.1109/IC3I.2016.7918009>
- Sönmez, S. (2016). Blok zinciri (Blockchain) nedir? Erişim adresi: <https://www.dunyahalleri.com/blok-zinciri-blockchain-nedir/>
- Swanson, T. (2015). Consensus-as-a-service: a brief report on the emergence of permissioned, distributed ledger systems. Report, available online. Erişim Adresi: <https://allquantor.at/blockchainbib/pdf/swanson2015consensus.pdf>
- Tanrıverdi, M., Uysal, M. ve Üstündağ, M. (2019). Blokzinciri teknolojisi nedir? ne değildir?: alanyazın incelemesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 12(3), 203-217. Doi: <https://doi.org/10.17671/gazibtd.547122>
- Taş, O. ve Kiani, F. (2018). Blok zinciri teknolojisine yapılan saldırılar üzerine bir inceleme. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 11(4), 369-382. Doi: <https://doi.org/10.17671/gazibtd.451695>
- Tian, F. (2016). *An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID blockchain technology*, in: 2016 13th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM), 1-6. Doi: <https://doi.org/10.1109/ICSSSM.2016.7538424>
- Uzun, H. (2020). İşletmelerin Blok zinciri (blockchain) uygulamalarında ticari birliklerin rolü. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 5(1), 88-109. Doi: <https://doi.org/10.33905/bseusbed.717602>
- Ünal, G. ve Uluyol, Ç. (2020). Blok zinciri teknolojisi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 13(2), 167-175. Doi: <https://doi.org/10.17671/gazibtd.516990>
- Ünsal, E. ve Kocaoğlu, Ö. (2018). Blok zinciri teknolojisi: kullanım alanları, açık noktaları ve gelecek beklentileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (13), 54-64. Doi: <https://doi.org/10.31590/ejosat.423676>
- Viriyasitavat, W., & Hoonsopon, D. (2019). Blockchain characteristics and consensus in modern business processes. *Journal of Industrial Information Integration*, 13, 32-39. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jii.2018.07.004>
- Xu, X., Weber, I., Staples, M., Zhu, L., Bosch, J., Bass, L., Pautasso, C., & Rimba, P. (2017). *A Taxonomy of blockc-hain-based systems for architecture design*, in: 2017 IEEE International Conference on Software Architecture (ICSA), 243-252. Doi: <https://doi.org/10.1109/ICSA.2017.33>
- Yang, W., Garg, S., Huang, Z., & Kang, B. (2021). A decision model for blockchain applicability into knowledge-based conversation system. *Knowledge-Based Systems*, 106791. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2021.106791>
- Yapıcı, S., Yumuşak, R. ve Eren, T. (2020). Çok kriterli karar verme yöntemleri ile medikal depo yeri seçimi. *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9 (2), 203-221. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/trakyaibf/issue/58472/746821>
- Yazıcı, E., Eren, T. ve Alakaş, H. (2021). Çok ölçütlü karar verme yöntemleri ile işleme merkezi seçimi: imalat işletmesinde uygulama. *Endüstri Mühendisliği*, 32(1), 34-54. Doi: <https://doi.org/10.46465/endustrimuhendisligi.783465>
- Yıldırım, H. (2018). Açık ve uzaktan öğrenmede blokzincir teknolojisinin kullanımı. *Açıköğretim*

Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi, 4(3), 142-153. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/auad/issue/40068/476946>.

Yıldızbası, A. ve Üstünyer, P. (2019). Tarımsal gıda tedarik zincirinde blokzincir tasarımı: Türkiye’de hal yasası örneği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21(2), 458-465. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/en/pub/barofd/issue/43738/584025>.

Zhao, G., Liu, S., Lopez, C., Lu, H., Elgueta, S., Chen, H., & Boshkoska, B. M. (2019). Blockchain technology in agri-food value chain management: A synthesis of applications, challenges and future research directions. *Computers in Industry*, 109, 83-99. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.04.002>