

4. BÖLÜM

KAMU ÖZEL İŞBİRLİKLERİNDE YAPAY ZEKANIN ROLÜ¹

Burcu GEDİZ ORAL²

Özet

Bilgi altyapısı, yüksek kaliteli ekonomik kalkınmayı sürdürmenin önemli bir parçasıdır. Bu bağlamda yapay zeka (YZ) ve endüstriyel internet gibi ileri teknolojilerin kullanımı ve yaygınlığı toplumların gelişmişlik sermayesinin garantisi olarak düşünülmektedir. YZ, nesnelerin interneti (IoT) ve büyük veri gibi gelişmiş bilgisayar teknolojilerinin yaygınlaşmasının, kamu özel işbirliklerinde (KÖİ) farklı uygulama etkileri olabilmektedir. KÖİ, kamu mal ve hizmetlerinin sağlanması amacıyla devletle özel sektör arasındaki, temelde gelir veya risk paylaşımı şeklindeki çeşitli işbirliklerini ifade etmektedir. En genel anlamda KÖİ devlet ve özel sektörün ortak yatırım yaparak şirket kurma şeklindeki uzun vadeli işbirliğini ifade etmektedir. KÖİ projeleri, risk veya maliyetlerin paylaşımı, kamu üzerindeki bütçe kısıtlarının çözülmesi, daha yüksek kalite sağlanması ve zaman tasarrufu gibi avantajlarından dolayı popüler olmuştur. Ancak KÖİ sözleşmelerinin uzun vadeli olması ve farklı iç ve dış faktörlerin varlığı nedeniyle mali tahminlerinde değişiklik olması kaçınılmazdır. KÖİ projeleri planlama, tasarım, inşaat ve uygulama sürecinde ve daha sonraki işletme aşamalarında pek çok risk barındırmaktadır. Bu nedenle ilgili risklerin

1 Bu çalışma, 23-25 Mayıs 2025 tarihleri arasında Gaziantep’te düzenlenen XI. Uluslararası Stratejik Araştırmalar Kongresi’nde sunulan “Yapay Zeka ve Kamu Özel İşbirlikleri” başlıklı bildirinin gözden geçirilmiş ve genişletilmiş halidir.

2 Prof. Dr., Finans ve Bankacılık Bölümü, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye. E-posta: burcu.gediz@cbu.edu.tr | E-posta: burcu.gediz@bayar.edu.tr | ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7096-9288>

tanımlanması ve kontrol edilmesi gerekmektedir. YZ tabanlı bir dijital akıllı KÖİ projesinin inşası KÖİ projelerinin başarısızlığı ve riskleri üzerine daha gerçekçi tahminlere imkân yaratabilmektedir. Dijital teknoloji ile KÖİ finansman modelinin birleşimi, KÖİ projeleri için uygun olan daha makul bir finansman planı sağlayabilmektedir. Bu çalışma KÖİ projelerinde YZ kullanımı ve rollerini araştırmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zeka, Kamu Özel İşbirlikleri, Kamu Ekonomisi, Kamu Hizmeti

JEL Kodları: L32, H42, O33

ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIPS

Abstract

Information infrastructure is an important part of sustaining economic development. In this context, the use and prevalence of advanced technologies such as Artificial Intelligence (AI) and Industrial Internet are considered as the guarantee of the development capital of societies. The proliferation of advanced computer technologies such as AI, the internet of things (IoT), and big data may have different practical implications in public private partnerships (PPPs). PPPs refers to various collaborations between the state and the private sector, basically in the form of revenue or risk sharing, for the purpose of providing public goods and services. In the broadest sense, it refers to the long-term cooperation of the state and the private sector in the form of joint investments and establishment of companies. PPPs projects have become popular due to their advantages such as sharing risks or costs, solving budget constraints on the public, providing higher quality and saving time. However, due to the long-term nature of PPPs contracts and the existence of different internal and external factors, it is inevitable that financial estimates will change. PPPs projects involve many risks during the planning, design, construction and implementation processes and subsequent operational stages. Therefore, relevant risks need to be identified and controlled. The construction of an AI-based digital smart PPPs project could enable more realistic predictions on the failure and risks of PPPs projects. The combination of digital technology and the PPPs financing model can provide a more affordable financing plan suitable for PPPs

projects. This study aims to investigate the use and roles of AI in PPPs projects.

Keywords: Artificial Intelligence, Public Private Partnerships, Public Economy, Public Service

JEL Codes: L32, H42, O33

1. GİRİŞ

Altyapı yatırımları, ülkelerin ekonomik büyümelerini yeniden şekillendirme modeline ve işlevine sahip olduğundan, örneğin bilgi altyapısı, yüksek kaliteli ekonomik kalkınmayı sürdürmenin önemli bir parçası olup yapay zeka (YZ) ve endüstriyel internet gibi ileri teknolojilerin garantisidir. Özellikle endüstri parklarının gelişimi altyapı yatırımlarının önemli bir parçasıdır (Kadefors vd., 2021; Zhang vd., 2020; Zhang vd., 2021). Bununla birlikte, altyapı inşaatlarının karmaşık içeriği, yüksek proje maliyetleri, büyük yatırım ölçeği, daha sonraki işletme ve bakım sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Acilen yapılması gereken büyük altyapı yatırımlarının gerçekleştirilmesinde, KÖİ önemli bir finansman modeli olarak gündeme gelmiştir.

Pek çok ülke tarafından güçlü bir şekilde desteklenen KÖİ finansman modeli, özel sermayeyi, bir inovasyon mekanizması olan franchise operasyonları yoluyla çeşitli altyapı projelerinin yatırımına ve işletilmesine katılmaya teşvik etmektedir (Filatova vd., 2021; Wang ve Ma, 2021). KÖİ modelinde özel sermaye projelerin inşası ve işletilmesi için etkin bir şekilde kullanılmakla kalmayıp, aynı zamanda özel işletmelerin açık ve adil erişim haklarına sahip olmalarını da sağlayabilmektedir. Endüstriyel zincirin genel yerleşimini, proje operasyonunu ve diğer iş verimliliklerini iyileştirirken aynı zamanda tüm endüstri eğiliminin ayarlanmasını da gerçekleştirir. KÖİ modelinin YZ, nesnelerin interneti (IoT) ve büyük veri gibi gelişmiş bilgisayar teknolojileriyle birlikte, altyapı yatırımlarında farklı uygulama etkileri olabilmektedir (Wang ve Cui, 2022: 1).

Bu çalışmada literatür taraması yöntemi kullanılarak, YZ tabanlı KÖİ finansman modelinin incelenmesi amaçlanmaktadır. KÖİ finansmanı ile doğrudan kamu yatırımlarını birleştiren YZ tabanlı bir dijital akıllı KÖİ projesinin inşası ile mevcut sorunları iyileştirebilecek hedefli bir finansman planının oluşturulabileceği düşünülmektedir. Çalışmada öncelikle KÖİ kavramına yer verilmiş, ardından YZ+KÖİ uygulamalarına değinilip, YZ+KÖİ projelerinin avantaj ve dezavantajları değerlendirilmiştir.

2. KAVRAMSAL OLARAK KÖİ

Kamu altyapı ve hizmet projeleri, ülkelerin sosyal refahının yaratılmasında ve kalkınmasında en önemli faktördür. İnşaat projelerinin yönetimi daha karmaşık hale gelene kadar kamu sektörü bu hizmetlerin arzında başat rol oynamaktayken, son zamanlarda özel sektörün yenilikçiliğinin ve becerilerinin kamu altyapı ve hizmetlerinin sunumunda önemi ön plana çıkmaya başlamıştır. Altyapı gelişiminin önündeki en kritik engellerden biri kamu finansmanı sorunudur. Hükümetler mali kısıtları, kamunun aşırı merkezileşmiş karar alma süreçlerini, hesap verebilirliğin eksikliğini, güncel olmayan bir düzenleyici çerçevelerden kaynaklanan verimsizlikleri ve kamu sektöründe uzun süredir devam eden bir sorun olan yolsuzluk sorununu aşabilmek için hizmet sunumunda özel sektör katılımını giderek arttırmıştır. 1990'lı yıllarda ilk olarak Birleşik Krallık'ta ortaya çıkan KÖİ'ler daha sonra hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin altyapı yatırımlarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

KÖİ finansman modelinin, genel geçer kabulü olan birleşik/tek bir tanımı yoktur. Mevcut literatüre göre, KÖİ modelini geniş kapsamlı bir KÖİ finansman modeli ve dar kapsamlı bir KÖİ finansman modeli olarak ikiye ayrılmaktadır. Geniş anlamda KÖİ, kamu malları veya hizmetlerinin sağlanması amacıyla kamu ile özel sektör arasındaki uzun vadeli çeşitli işbirliklerini ifade eder. Dar anlamda ise devlet ve özel sektörün ortak yatırım yaparak şirket kurma şeklindeki işbirliğidir (Rosell, ve Saz-Carranza, 2020; Wang vd., 2021; Tolstolesova vd., 2021). KÖİ altyapı projeleri yaygın olarak daha çok bilgi ve iletişim teknolojisi, demiryolu, enerji, kanalizasyon, yollar, su, eğitim ve sağlık sektörlerinde kullanılmıştır (Chan vd., 2010). KÖİ'ler, yalnızca çok ihtiyaç duyulan finansal kaynakları sağlamakla kalmayıp aynı zamanda kamu projelerinin sunumuna özel sektör verimliliği, teknik uzmanlık ve inovasyonu da dahil ettiği için çekici bir seçenek haline gelmiştir.

KÖİ modelinde özel sektör esas olarak projenin tasarımından, inşaatından, işletiminden ve müteakip tesis bakımından sorumlu olmaktadır. Fiyat belirleme ve kalite denetiminin kamunun sorumluluğunda olduğu bu projelerin getirileri esas olarak kullanıcı ücretleri ve devlet garantisinden oluşmaktadır. Böyle bir işbirliği modeli, hükümet üzerindeki baskıyı azaltabilir, bütçe kısıtlarının aşılmasında rol oynar, özel sektör katılımı

ve franchise haklarının alımı gelmektedir (3). Daha sonra yüklenici KÖİ proje şirketi bir inşaat sözleşmesi imzalamakta (4) ve KÖİ finansmanı proje şirketi yüklenicilere ve tedarikçilere ilgili ücretleri ödemektedir (5). İzleyen aşamada KÖİ şirketi ve operatör, daha sonraki işletme ve bakımla ilgili konular için bir sözleşme imzalayıp (6), KÖİ finansmanı proje şirketi ilgili ücretleri operatöre ödemektedir (7). Adım 8’de KÖİ finansman şirketi ve sigorta şirketi bir sigorta sözleşmesi imzalamaktadır. Aşama 9 projenin gelir kaynağının kullanıcı ücretleri, devlet garantisinden oluştuğunu göstermektedir. Son aşamada KÖİ finansman şirketi proje gelirini özsermaye ve borç sermayesine göre dağıtmaktadır (10).

En çok tercih edilen KÖİ modeli türleri arasında, kamu kuruluşlarının sözleşmenin süresi boyunca temel varlıklara ilişkin mülkiyeti elinde tuttuğu ve sözleşme sona erdiğinde projenin tam mülkiyetini aldığı modeller yer alır. Belirli bir proje için hangi KÖİ türünün kullanılacağı fayda-maliyet analizi yoluyla belirlenir (Prasad vd., 2024: 2). Yaygın olarak hizmet alımı, yönetim, işletme hakkı devri, imtiyaz hakkı devri ve yap-işlet-devret sözleşmeleri olmak üzere beş yöntem kullanılmaktadır (Gediz Oral ve Arpazlı Fazlılar, 2014: 214).

Şekil 2. KÖİ Başarı Faktörleri



Kaynak: Prasad vd. 2024: 2.

Şekil 2’de görüldüğü gibi KÖİ’lerin başarısı; kamu desteğine, uygun proje seçimine, uygun tedarikçinin seçimine ve istikrarlı ekonomik ve mali koşullarla desteklenen sağlam bir finansal pakete bağlı olacaktır. Bu noktada

devletin yasal çerçeveleri oluşturup, koordinasyon ve denetim için düzenleyici bir otorite oluşturması olumlu bir yatırım ortamı yaratılabilmesi için oldukça önem taşımaktadır (Gediz Oral, 2017: 24).

KÖİ projelerinin temel zorluklarından biri, taraflar arasındaki çıkar çatışması potansiyelidir. KÖİ'lerde, hem kamu hem de özel sektörün farklı hedefleri vardır. Kamu sektörü kamu refahını sağlamayı ve toplumsal ihtiyaçları karşılamayı hedeflerken, özel sektör genellikle kâr maksimizasyonu ile yönlendirilir. Bu içsel farklılık, kâr amacıyla alınan kararların her zaman kamu refahı hedefleriyle uyumlu olmaması sebebiyle gerginlik yaratabilmektedir (Almeile vd., 2024).

İletişim engelleri de KÖİ projelerinde önemli bir engel teşkil eder. Kamu ve özel sektör arasındaki etkili iletişim, bu projelerin sorunsuz bir şekilde yürütülmesi için çok önemlidir. Bu engeller genellikle proje ilerlemesini yavaşlatır, gecikmelere veya optimal olmayan sonuçlar doğuran yanlış eylemlere yol açabilir. Ek olarak, KÖİ projeleriyle ilişkili yüksek ön maliyetler ve tedarik giderleri, özellikle sınırlı finansal kaynaklara sahip gelişmekte olan ülkeler veya bölgeler için engelleyici olabilmektedir (Chen, 2008).

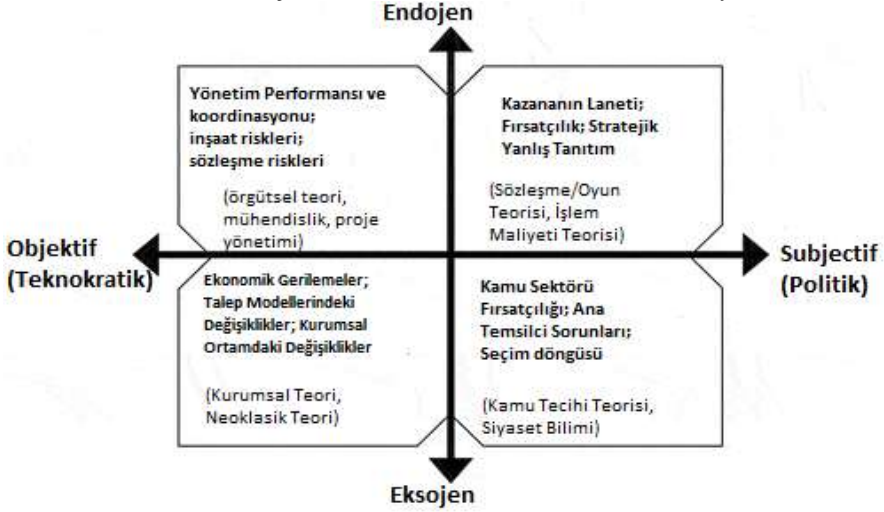
KÖİ projelerindeki en önemli sorunlardan biri özellikle kamu sektöründe uzman bilgisinin eksikliğidir. Karmaşık olan KÖİ anlaşmaları yasal, finansal ve teknik uzmanlık gerektirmektedir. Karmaşık sözleşmeleri yönetmek, uygun risk dağılımını sağlamak ve büyük ölçekli altyapı projelerini denetlemek, genellikle devlet kurumlarında bulunmayan yüksek düzeyde uzmanlık gerektirdiğinden, kamu sektörü uygun şartları müzakere etmekte zorlanmakta ve bu da kamuya gereksiz risk yükleyen veya kamu çıkarlarını yeterince koruyamayan anlaşmalarla sonuçlanmaktadır (Gediz Oral, 2017: 18-23).

KÖİ projelerinde yeniden müzakereler, projelerin verimliliğini olumsuz yönde etkilemekte, devleti ciddi zarara uğratmakta ve hizmet sunumunda önemli gecikmeler yaşanmasına sebep olmaktadır. KÖİ projelerinin uzun vadeli olması nedeniyle tahminlerin gerçekçi yapılamaması yeniden müzakerelerin başlıca sebebi olarak belirtilse de temel tetikleyicileri Şekil 3'teki gibi gösterilebilmektedir.

Şekil 3'te KÖİ projelerinde yeniden müzakereler için içsel ve dışsal faktörlerden, nesnel ve öznel faktörlere uzanan bir yelpazede olası tetikleyiciler gösterilmektedir. Sözleşmelere ilişkin teknokratik riskler,

hükümetin imtiyazlar üzerindeki zayıf kontrolü ve yönetimi nedeniyle daha da kötüleşmektedir. Hem hükümet hem de özel aktörler fırsatçı davranabilmektedir. Asgari gelir garantileri stratejik olarak agresif teklif vermeyi teşvik edebilmekte ve yeniden müzakereyi daha olası hale getirebilmektedir. Öte yandan teklif sahipleri temel varlık değerleri hakkında sınırlı bilgiye sahip olduğunda ve ihale süreçleri aşırı iyimser tahminlerle kazanan teklifleri seçtiğinde kazanın laneti ortaya çıkmaktadır. Bu gibi durumlarda, kazanan teklif varlığın içsel değerinin altında kalmakta, bu da beklenmedik şekilde düşük kârlara hatta kayıplara yol açmakta ve tesisleri işletmeye devam edebilmek için yeniden müzakere talep edilmektedir. KÖİ aktörleri önemli proje belirsizlikleriyle karşı karşıya kaldıklarında değeri koruyan veya değeri artıran yeniden müzakereler yürütebilirler. Örneğin, yeniden müzakereler, ortakların beklenmedik dışsal olayları ele almak için eksik sözleşmeleri güncellemelerine yardımcı olabilmekte ve istenen yatırım seviyelerini koruyabilir. Arz fiyatlarındaki, faiz oranlarındaki veya bölgesel ekonomik faaliyetlerdeki ani dalgalanmalar bir KÖİ'nin finansal performansını derinden etkileyebilmektedir. Diğer beklenmeyen olaylar arasında deprem, fırtınalar, savaşlar, isyanlar ve salgın hastalıklar yer alabilmektedir. Son olarak hem kamu hem de özel sektör, yeterli siyasi destek veya kurumsal kapasiteye sahip olmadan karmaşık siyasi ortamlarda KÖİ sözleşmeleri yürütebilirler. Bu tür karmaşıklıkların altında sıklıkla kamuoyu muhalefeti yer almakta ve bu durum taraflardan birini veya her ikisini yeniden müzakereyi düşünmeye motive etmektedir (Gifford vd. 2024: 1586-1587).

Şekil 3. KÖİ Projelerinde Yeniden Müzakerelerin Tetikleyicileri



Kaynak: Gifford vd., 2024, 1585.

KÖİ projelerinin finansal riskleri, özellikle enflasyon, faiz oranları ve döviz kuru kaynaklı olanlar, borçlanma maliyeti, proje gelirleri ve projenin genel finansal uygulanabilirliği üzerinde önemli etkilere sahip olmaktadır. Bu riskler, inşaat aşamasında maliyet aşımı, gecikmeler ve tasarım kusurları gibi zorluklar yaratmaktadır. Bir KÖİ projesinde operasyonel aşamaya geçildiğinde, izleme, performans mekanizmaları ve demografik ve teknolojik değişikliklere uyum sağlama yeteneğindeki eksiklikler dahil olmak üzere başka zorluklar da ortaya çıkmaktadır (Almeile vd., 2024).

YZ+KÖİ'nin projelerle sıklıkla ilişkilendirilen çeşitli zorlukları ele almak ve hafifletmek için muazzam bir potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir. Bu tür gelişmiş araçların proje yaşam döngüsüne entegre edilmesiyle, iletişim engelleri, kaynakların yanlış yönetimi ve sözleşme yönetimindeki verimsizlikler gibi temel sorunlar önemli ölçüde azaltılabilecek hatta ortadan kaldırılabilir (Aliu ve Oke, 2023).

3. YZ+KÖİ UYGULAMALARINA İLİŞKİN LİTERATÜR

Anwar vd. (2021) 1991-2018 döneminde Çin'de KÖİ modelinin ulaştırma sektörü, yenilenebilir enerji tüketimi ve kentleşmenin karbon emisyonları üzerindeki etkisini YZ kullanılarak araştırmıştır. Çalışmada ulaşım altyapısının ekonomik kalkınmanın omurgası olduğu ve iklim değişikliğinde önemli bir faktör olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle ulaştırma sektöründeki yatırımların, sürdürülebilir ulaştırma altyapısı için iklime dayanıklı, düşük karbonlu ulaştırma seçeneklerine dönüştürülmesine ihtiyaç vardır. Çin için yeni kentleşme stratejisi açısından böyle bir değişimin gerekli olduğu ve bu stratejiyi gerçekleştirmek için politika ayarlamalarının yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Akinsola vd. (2021) 1983'ten 2017'ye kadar olan verileri kullanarak, yenilenebilir enerji ve ekonomik büyümenin rolünü hesaba katarak, enerji ve finansal kalkınmadaki KÖİ'lerin Brezilya'nın ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini YZ kullanarak incelemiş ve değerlendirmiştir. Ekolojik ayak izi ile belirleyiciler arasındaki ilişkiyi incelemek için Otoregresif Dağıtılmış Gecikme (ARDL) ve Dinamik Sıradan En Küçük Kareler (DOLS), tek bir yapısal kırılmanın varlığında diziler arasındaki nedensel ilişkileri yakalamak için nedensellik testi kullanılmıştır. ARDL'nin sonuçları, GSYİH ve ÜFE'nin ekolojik ayak izi üzerinde olumlu ve önemli bir etkiye sahip olduğunu, finansal kalkınma ve yenilenebilir enerjinin ise Brezilya'nın ekolojik ayak izi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Nedensellik testinin sonuçları ise GSYİH ile ekolojik ayak izi arasında çift yönlü bir nedensel bağlantı olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca, Brezilya'da enerji ve yenilenebilir enerjiye yönelik KÖİ yatırımlarından ekolojik ayak izine doğru tek yönlü bir nedensel bağlantı olduğu belirtilmiştir.

Abdullah vd. (2020) güven-kontrol ilişkisini KÖİ sözleşmeleri bağlamında incelemiştir. Yetkinliğe güven ve iyi niyete güven inşa etmede kontrolün rolünü ve güvenin de kontrolün ana nedenini nasıl etkilediğini göstermek için ortaklar arasında değişen derecelerde güvene sahip iki Birleşik Krallık okulundaki vaka çalışmalarından yararlanılmıştır. KÖİ altyapı projelerinin başarısızlığının sebepleri olarak, bu alanlardaki KÖİ

riskleri üzerine yapılan araştırmaların yetersiz olması ve özellikle bu risklere etkili ve uygulanabilir çözümler sağlayacak bilgi eksikliği gösterilmiştir.

Noorzai vd. (2021) bu projelerde KÖİ risklerine uygun yanıtları belirlemek ve risk yanıtlarının uygulanmasına yönelik öncelikleri oluşturmak için araştırma yürütmüştür. Mevcut KÖİ finansman modelinin çeşitli yatırımlarda yaygın olarak kullanıldığı ancak sanayi parklarında uygulanmasına ilişkin çok az çalışmanın olduğu öne sürülmüştür.

Wang ve Cui (2022) Çin’de bir endüstri parkının inşaat projesi için tasarladıkları KÖİ finansman modelinde, endüstri parkının altyapı inşaatında YZ teknolojisi ile KÖİ finansman modelinin birleşiminin, parkın altyapı inşaatı için uygun olan daha makul bir finansman planı sağladığını belirtmişlerdir.

Akomea-Frimpong vd. (2023) KÖİ altyapı projelerinin iklim riski yönetiminde YZ araçlarını ve rollerini araştırmıştır. Çalışmada YZ odaklı risk modellerinin, iklim risklerinin zorluklarını ele almada ideal araçlar arasında yer aldığı, YZ’nın, algılama cihazlarını ve etkili algoritmaları kullanarak iklim değişikliği risklerini incelemek, tahmin etmek ve yönetmek için benzersiz sistem ve özelliklere (örneğin iklim değişikliklerine ilişkin erken uyarı modellerinin oluşturulması veya hava koşullarının ve altyapıları tahrip edebilecek olası yıkıcı sel ve yangın olaylarının zamanında bildirilmesi, yangın yayılma algoritmalarının oluşturulması gibi) sahip olduğu belirtilmektedir. Bu sayede YZ ile verilerin hesaplanıp ve altyapı projelerinde iklim risklerinin olumsuz etkilerinin azaltılabileceğine yönelik çözümler sunulmaktadır. Böylece YZ ile altyapıdan kaynaklanan karbon miktarının azaltılması, KÖİ’lerde sürdürülebilir inşaatın sağlanmasına yardımcı olacak, otomasyon ve robotik araçlar, KÖİ’lerin inşası ve işletilmesi sırasında iklimi tehlikeye sokan olumsuz insan faaliyetlerinin eğitilmesine ve azaltılmasına aracılık edecektir.

Beery (2018)’e göre hava koşullarındaki aşırı ve sık değişiklikler; fırtınalı, soğuk havalar, sel ve orman yangınlarıyla sonuçlanmakta ve bu durum KÖİ projeleri de dahil olmak üzere altyapı gelişimini olumsuz etkilemektedir. Bu risklerin sonuçları kamu tesislerinin yapısal yetersizlik, işletme ve doluluk nedeniyle bozulması ve projenin tamamen çökmesi ihtimalini de de yaratmaktadır. Sonuç olarak, bunun sonuçları kamu bütçesine büyük bir maliyet ve özel yatırımlarda da bir kayıp anlamına

gelmektedir. Çalışmada hava koşullarının YZ ile tahminlenmesi sayesinde projelerin başarısı incelenmektedir.

Kaji vd. (2025) Japonya'daki yedi akıllı şehir girişimini ele aldıkları çalışmada, politika önerileri için bir yapay zeka aracı kullanılarak yapılan senaryo analizinin sonuçlarıyla 2050 için istenen şehri ve dönüşüm senaryosunu sunmuşlardır. Analiz ayrıca bu senaryonun nasıl gerçekleştirileceğine dair bulguları da içermekte, örneğin, hemen uygulanabilir bir eylem, paylaşımlı ulaşım hizmetlerini ve kompakt bir şehir inşa etmek ve çalışma uygulamalarındaki geçişi yönlendirmek için diğer politikaları ortaya koymaktadır. Elbette ki bu bulgular bir dizi varsayım içeren bir bilgisayar simülasyonundan türetilmiştir. diğini kabul ediyoruz. Bu nedenle, bulgular olduğu gibi kabul edilmemelidir. Kesin sonuçlar olmamakla beraber insanların kendi başlarına asla düşünemeyecekleri öneriler ve içgörüler sunabilmesidir.

4. YZ+KÖİ ENTEGRASYONU

KÖİ projelerinde YZ kullanımı ile projelerin finansal performansının planlanmasına, doğru maliyet ve risk tahminlerinin yapılmasına, verimlilik artışına, projelerin yaşam döngüsü yönetiminin sağlanmasına yardımcı olması hedeflenmektedir. Böylece yatırım ve projenin getirisinde optimal dengenin sağlanacağı, finansal ve sosyal faydaların artacağı düşünülmektedir. Öte yandan teknolojik yeterlilik ve teknolojik riskler, siber güvenlik ve Ar-Geharcamalarının yüksek olması YZ+KÖİ projelerinin temel kısıtları olarak belirtilmektedir.

Bu kısımda YZ+KÖİ projelerinin avantaj ve dezavantajları ele alınacaktır.

4.1. YZ+KÖİ Projelerinin Avantajları

YZ+KÖİ projelerinin beklenen faydaları şu başlıklar altında ele alınabilir.

Proje Maliyeti: YZ+KÖİ modeli kaynakların etkin kullanımını teşvik ederek, maliyetleri düşürüp faydaların artırılmasına, böylece fon kullanımının rasyonelitesinin ve şeffaflığının sağlanmasına yardımcı olabilir. Öte yandan teknoloji kullanımı, proje tasarım, inşaat sürecinde bilgi

paylaşımı ve işbirliğini sağlayabilir, bu sayede kalite iyileştirilebilir , proje maliyeti ve süresi azaltılabilir. YZ+KÖİ, projelerin tasarımını ve inşasını optimize edebilir ve daha çevre dostu, enerji tasarruflu ve sürdürülebilir inşaat planları oluşturmaya yardımcı olarak inşaat maliyetini azaltabilir (Jyh-Harng, 2024). Tahmine dayalı YZ ve makine öğrenimi analitiği, etkili yönetsel karar alma ve gelişmiş proje performansı ile projelerin maliyet aşımalarının önüne geçilebilecektir. Ek olarak KÖİ altyapısı kullanıcıların taleplerini önceden tespit etmek de mümkün olabilecektir (Debrah vd., 2022).

İşletme Gelirleri: Projenin operasyon yönetiminin, verimliliğinin ve hizmet kalitesinin iyileştirilmesine olanak tanıyıp, böylece daha fazla müşteri çeker ve satış ve operasyondan elde edilen geliri daha da artırabilir. Bu arada, YZ+KÖİ modeli kapsamındaki hükümet-kurumsal işbirliği, proje için gelir potansiyellerinin ortak keşfini ve geliştirilmesini kolaylaştırabilir, böylece işletme gelirini daha da artırabilir (Jyh-Harng, 2024).

Yönetimin Optimizasyonu: Projelerin yönetimi daha bilimsel ve standart hale getirebilir, böylece yönetim verimliliğini ve kalkınma kalitesini iyileştirebilir. Karakteristik bir projenin tasarımını ve yönetimini optimize ederek, projenin inşaat ve işletme maliyetlerini azaltmaya ve nihayetinde projenin yatırım getirisini artırmaya yardımcı olabilir. YZ+KÖİ proje yönetiminde çok sayıda rutin aktivitenin otomatikleştirilmesine yardımcı olmaktadır. Proje planlama, görev atama, projenin ilerleyişini izleme, proje maliyet analizi, anlık iletişim ve kapsam yönetimi gibi faaliyetler otomatik YZ araçları tarafından gerçekleştirilir (Debrah vd., 2022).

Gerçek Zamanlı Finansal Yönetim: KÖİ sözleşmeleri uzun vadeli olmaları nedeniyle, başlangıçtaki finansal tahminler genellikle işletme döneminde değişecektir. Bu koşullar altında, bu projelerin başarılı bir şekilde uygulanması için hükümet, özel sektör ve son kullanıcılar dahil olmak üzere ana paydaşlar arasında yeniden müzakere yapılması ve ardından ek maliyetlerin sırasıyla yıllık sübvansiyon, sözleşme uzatma ve ücret ayarlaması şeklinde bölünmesi gerekecektir. Bu sonuçların her biri, hükümet, özel sektör ve son kullanıcılar dahil olmak üzere kilit paydaşların memnuniyetini etkileyecektir. İşletme dönemi boyunca ve zaman geçtikçe asıl mesele bu stokastik değişkenlerin projenin gerçek performansına dayalı olarak tahmin edilmesidir (Sharafi vd., 2016). Bu tahminlemede kullanılacak YZ, devam eden projelerden gerçek zamanlı verileri analiz ederek potansiyel

gecikmeleri veya maliyet artışlarını tahmin edebilir ve bu da proje yöneticilerinin riskleri azaltmak için önleyici önlemler almasına olanak tanır.

Geri Ödeme Süresi: YZ+KÖİ teknolojisi, projelerin inşaat verimliliğinin ve kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olur, böylece projenin inşaat döngüsünü kısaltır ve işletme maliyetini azaltır, bu da yatırımlarda daha kısa bir geri ödeme süresi sağlar (Jyh-Harn, 2024).

Doğal Çevre: Günümüzde hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde herhangi bir KÖİ modeli, doğal çevre koruma ve doğal çevre sürdürülebilirliğine ilişkin yerel düzenlemeleri karşılamak zorundadır. Bu zorunluluk, sürdürülebilir kalkınma hedeflerine uzun vadede ulaşılmasını sağlamak için kurucu altyapı ve çevre sistemleri arasındaki dengeyi vurgulamaktadır. Sürdürülebilir ve daha yeşil KÖİ modellerinin seçilebilmesi YZ kullanımı yoluyla mümkün olabilecektir (Nguyen vd., 2024: 85).

Sosyal Katılım: Projelerde sosyal medyanın benimsenmesi, strateji eksikliği, üst düzey yönetim desteği, güvenlik endişeleri ve aşırı bilgi yükü gibi engellerle karşı karşıyadır (İbrahim, 2013). Sosyal medya platformlarının akıllı bir şekilde entegre edilmesi, proje paydaşları arasında iletişimi, işbirliğini ve bilgi paylaşımını kolaylaştırarak bu engellerin aşılmasına yardımcı olabilir (Simanjuntak, 2023). Bu sayede tüm tarafların katılımı ve işbirliği teşvik edilip, sosyal katılım artırılabilir (Jyh-Harn, 2024).

Kâr Marjı: YZ+KÖİ modeli kapsamındaki projelerde, tasarım, yönetim, pazar rekabet gücü artacaktır. Böylece projenin kâr marjı ve ekonomik faydaları artırılabilir. Ayrıca, model kapsamındaki projelerde risk paylaşımı kolaylaşacağından, projelerin operasyonel risklerini ve belirsizliklerini azaltmaya yardımcı olur (Jyh-Harn, 2024).

4.2. YZ+KÖİ Projelerinin Kısıtları

YZ+KÖİ projelerinin başarı oranını artırmadaki avantajlarına rağmen, bu araçları etkili bir şekilde uygulamak için gerekli beceri ve yeterliliklerin edinilmesi temel bir zorluk olmaya devam etmektedir. Dijital teknolojiler büyük bir potansiyel sunarken, bunların başarılı bir şekilde uygulanması büyük ölçüde ilgili profesyonellerin bunları düzgün bir şekilde kullanma becerisine bağlıdır. Paydaşlar arasında yenilikçiliğin, farkındalığın ve işbirliğinin teşvik edilmesi gerekmektedir. Becerileri artırmaya, veri

yönetimi karmaşıklığını ve teknoloji entegrasyonunu geliştirmeye yatırım yapmak bu yönde önemli adımlardır (Bosch-Sijtsema vd., 2021). Liderlik özellikleri, kaynak kısıtlamaları, teknolojik zorluklar ve risk algıları, dijital inovasyon için elverişli bir ortam yaratmak amacıyla hedefli müdahaleler yoluyla ele alınmalıdır.

YZ+KÖİ proje sözleşmelerine dahil olan taraflar arasında değer çatışmalarına yol açan üçüncü taraf veri ihlali ve siber güvenlikle ilgili endişeler bulunmaktadır. Teknolojik faktörlerle ilgili yasal sistemdeki eksiklikler nedeniyle, çeşitli proje aşamalarında tarafların (örneğin yatırımcılar, yükleniciler, danışmanlar, hükümet) veri kullanım sınırlarını açıklığa kavuşturmak zor olmaktadır. Paydaşların ve sözleşmelerindeki rollerinin net tanımlarının yazılması önem taşımaktadır (Nguyen vd., 2024: 85).

YZ+KÖİ proje verilerinin eksikliği, yasal gerekliliklerin ele alınmasında ve proje kapsamının belirlenmesinde zorluklar yaratmaktadır. Bu nedenle, YZ+KÖİ projeleri ve ilgili özel süreçler hakkında bir veri kütüphanesi oluşturulmalı ve böylece kilit tarafların akıllı projelerin pratikteki karmaşıklığını anlayabilmeleri sağlanmalıdır. Ayrıca KÖİ sözleşmelerinde veri edinme, analiz etme, paylaşma ve kullanma hakları açıklığa kavuşturulmalıdır (Nguyen vd., 2024: 86).

Kurumsal zayıflıklar, siyasi müdahale ve kamuoyu katılımının eksikliği KÖİ projelerinde önemli zorluklar oluşturmaktadır. Bu engellerin ele alınması, yasal çerçevelerin yeniden düzenlenmesini, kamuoyunun katılımının artırılmasını ve siyasi etkinin azaltılmasını gerektirir. Düzenleyici çerçevelerin güçlendirilmesi ve şeffaf karar alma süreçlerinin teşvik edilmesi bu kurumsal engelleri azaltabilir (Chen, 2008).

5. SONUÇ

KÖİ'ler altyapı yatırımlarında kamu finansman sıkıntılarının aşılması için uzun yıllardır uygun görülen bir çözüm olmuştur. Ancak bu büyük altyapı projelerinin yeni teknolojiler ve YZ ile entegrasyonu henüz çok yeni bir konu olup riskleri de belirsizdir. Dijital altyapı, yeni nesil bilgi teknolojilerinin bir araya getirilmesiyle oluşturulan bir sistemdir. YZ ve büyük veri gibi internet teknolojisindeki yeniliklerin temel önemi, ekonomik büyümede, özellikle de internet teknolojisinin ticarileştirilmesinde kritik bir

rol oynamasında yatmaktadır. Bu durum, dijital altyapının sosyal ve ekonomik yaşamın tüm yönleri için destekleyici önemini daha da vurgulamaktadır. Çünkü ülkeler nüfus artışı, trafik sıkışıklığı, çevre kirliliği ve ekonomik büyüme hızı ile ilgili büyük sorunlar yaşadığından, yapılacak tüm yatırımlarda bu teknolojileri benimseme zorunluluğu kaçınılmazdır.

KÖİ projelerinde YZ kullanımı ile projelerin finansal performansının planlanmasına, doğru maliyet ve risk tahminlerinin yapılmasına, verimlilik artışına, projelerin yaşam döngüsü yönetiminin sağlanmasına yardımcı olması hedeflenmektedir. Böylece yatırım ve projenin getirisinde optimal dengenin sağlanacağı, finansal ve sosyal faydaların artacağı düşünülmektedir. Öte yandan sürdürülebilirlik hedefleri ile aşılana YZ temelli döngüsel ilkelerle, karbondan arındırma ve döngüsellik hedeflerine ulaşma yolunda çevresel fırsatları güçlendirme imkânı yaratılırken, aynı zamanda gelecekteki iklim krizi ve kamu altyapı atıklarıyla mücadele etme taahhüdü de gerçekleştirilebilecektir.

YZ+KÖİ projelerinin başlıca risk faktörleri, paydaş katılımı, güven ve direnç sorunları, uygulama süreci sorunları, doğal çevre sürdürülebilirliği, teknoloji karmaşıklığı ve belirsizliklerdir. Karmaşık proje uygulamalarında uzmanlık eksikliği, siyasi müdahale, KÖİ proje verilerinin eksikliği ve hükümet ile özel sektörler arasında işbirliği mekanizmasının yetersizliği tüm KÖİ projelerindeki riskleri oluşturduğu gibi YZ+KÖİ projelerinin de risk unsuru olmaya devam etmektedir. Geleneksel KÖİ projelerindeki risklerle YZ+KÖİ riskleri karşılaştırıldığında en büyük fark, YZ+KÖİ projelerine entegre edilen yeni teknolojinin karmaşıklığından kaynaklanmaktadır. Veri paylaşım faktörü, entegre teknolojik platform değişkenleriyle ilgili endişeler vurgulanmaktadır.

Herhangi bir YZ+KÖİ projesinde güvenin merkezi bir faktör olduğu şüphesizdir. Dolayısıyla yeni teknolojinin desteğiyle ve şeffaf bir iletişim mekanizması aracılığıyla kilit taraflarda bu konuda yeterli farkındalığın sağlanması mümkün olabilecektir. YZ+KÖİ projelerinin, yararları ve riskleri üzerine yapılan bilimsel araştırmalar, son derece yetersizdir. Bu çalışmanın YZ+KÖİ proje yönetimine ilişkin daha ileri çalışmalar için bir referans noktası olması beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- Abdullah, A., & Khadaroo, I. (2020). The trust-control nexus in public private partnership (PPP) contracts. *Journal of Accounting and Public Policy*, 39(6), 106768.
- Akinsola, G. D., Awosusi, A. A., Kirikkaleli, D., Umarbeyli, S., Adeshola, I., & Adebayo, T. S. (2022). Ecological footprint, public-private partnership investment in energy, and financial development in Brazil: a gradual shift causality approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(7), 10077-10090.
- Akomea-Frimpong, I., Dzagli, J. R. A. D., Eluerkeh, K., Bonsu, F. B., Opoku-Brafi, S., Gyimah, S., ... & Kukah, A. S. (2023). A systematic review of artificial intelligence in managing climate risks of PPP infrastructure projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*.
- Aliu, J., & Oke, A. E. (2023). Construction in the digital age: exploring the benefits of digital technologies. *Built Environment Project and Asset Management*, 13(3), 412-429.
- Almeile, A. M., Chipulu, M., Ojiako, U., Vahidi, R., & Marshall, A. (2024). Project-focussed literature on public-private partnership (PPP) in developing countries: a critical review. *Production Planning & Control*, 35(7), 683-710.
- Anwar, A., Sharif, A., Fatima, S., Ahmad, P., Sinha, A., Khan, S. A. R., & Jermittiparsert, K. (2021). The asymmetric effect of public private partnership investment on transport CO2 emission in China: Evidence from quantile ARDL approach. *Journal of Cleaner Production*, 288, 125282.
- Azami-Aghdash, S., Sadeghi-Bazargani, H., Saadati, M., Mohseni, M., & Gharaee, H. (2020). Experts' perspectives on the application of public-private partnership policy in prevention of road traffic injuries. *Chinese journal of traumatology*, 23(3), 152-158.
- Beery, T. (2018). Engaging the private homeowner: Linking climate change and green stormwater infrastructure. *Sustainability*, 10(12), 4791.
- Bosch-Sijtsema, P., Claeson-Jonsson, C., Johansson, M., & Roupe, M. (2021). The hype factor of digital technologies in AEC. *Construction Innovation*, 21(4), 899-916.
- Chan, A. P., Lam, P. T., Chan, D. W., Cheung, E., & Ke, Y. (2010). Critical success factors for PPPs in infrastructure developments: Chinese perspective. *Journal of construction engineering and management*, 136(5), 484-494.

- Chen, C. (2008). Risks in PPP: process and institutional analyses In: Dainty, A (Ed) Procs 24th Annual ARCOM Conference, 1-3 September 2008, Cardiff, UK, Association of Researchers in Construction Management, 517-526.
- Debrah, C., Chan, A. P., & Darko, A. (2022). Artificial intelligence in green building. *Automation in Construction*, 137, 104192.
- Dolla, T., & Laishram, B. (2020). Factors affecting public-private partnership preference in Indian municipal waste sector. *International Journal of Construction Management*, 20(6), 567-584.
- Filatova, I., Nikolaichuk, L., Zakaev, D., & Ilin, I. (2021). Public-private partnership as a tool of sustainable development in the oil-refining sector: Russian case. *Sustainability*, 13(9), 5153.
- Gediz Oral, B. & Arpazlı, Fazlılar, T. (2014). Kamu Hizmetlerinin Piyasalaşması: Kamu Özel Sektör İşbirliği Modelleri ve Karadeniz Ekonomik İşbirliği Üyeleri Örneği. 1. Karadeniz ve Balkan Ekonomik ve Politik Araştırmalar Sempozyumu, 3-5 Eylül, ISBN: 978-975-92847-8-7, Zonguldak, 211-227.
- Gediz Oral, B. (2017). Kamu özel sektör işbirlikleri finansmanı rant vergisi. Ankara: Gazi Kitabevi.
- Gifford, J. L., Bolaños, L. A., Daito, N., & Casady, C. B. (2024). What triggers public-private partnership (PPP) renegotiations in the United States?. *Public Management Review*, 26(6), 1583-1609.
- Ibrahim, N. H. (2013). Reviewing the evidence: use of digital collaboration technologies in major building and infrastructure projects. *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)*, 18(3), 40-63.
- Jyh-Harng, S. (2024). Based on Public-Private Partnership and Building Information Modeling Financial Controllable changes in the Construction of Characteristic Towns. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Public Management and Big Data Analysis, PMBDA 2023, December 15–17, 2023, Nanjing, China*.
- Kadefors, A., Lingegard, S., Uppenberg, S., Alkan-Olsson, J., & Balian, D. (2021). Designing and implementing procurement requirements for carbon reduction in infrastructure construction–international overview and experiences. *Journal of Environmental Planning and Management*, 64(4), 611-634.
- Kaji, T., Kurita, T., Furuya, S., Igeta, Y., & Deguchi, A. (2025). Trends in Smart Cities: Global and Japanese Perspectives. In *The Architecture of “Society 5.0” Six Key Factors for a People-Centric and Sustainable Smart City* (pp. 13-38). Singapore: Springer Nature Singapore.

- Nguyen, T., Hallo, L., & Gunawan, I. (2024). Investigating risk of public-private partnerships (PPPs) for smart transportation infrastructure project development. *Built Environment Project and Asset Management*, 14(1), 74-91.
- Noorzai, E. (2021). Public-private partnership risks in conflict zones and solutions: case study for Afghanistan. *Journal of Infrastructure Systems*, 27(1), 05021001.
- Prasad, K. R., Karanam, S. R., Ganesh, D., Liyakat, K. K. S., Talasila, V., & Purushotham, P. (2024). AI in public-private partnership for IT infrastructure development. *The Journal of High Technology Management Research*, 35(1), 100496.
- Rosell, J., & Saz-Carranza, A. (2020). Determinants of public-private partnership policies. *Public Management Review*, 22(8), 1171-1190.
- Sharafi, A., Iranmanesh, H., Amalnick, M. S., & Abdollahzade, M. (2016). Financial management of Public Private Partnership projects using artificial intelligence and fuzzy model. *International journal of energy and statistics*, 4(02), 1650007.
- Simanjuntak, P. (2023). Digital Technology Usage Influence on the Effectiveness of the Construction Implementation Team. *International Journal of Social Service and Research*, 3(2), 460-472.
- Tolstolesova, L., Glukhikh, I., Yumanova, N., & Arzikulov, O. (2021). Digital transformation of public-private partnership tools. *Journal of Risk and Financial Management*, 14(3), 121.
- Wang, N., & Ma, M. (2021). Public-private partnership as a tool for sustainable development-What literatures say?. *Sustainable Development*, 29(1), 243-258.
- Wang, X., & Cui, X. (2022). PPP financing model in the infrastructure construction of the park integrating artificial intelligence technology. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2022(1), 6154885.
- Wang, Y., Shao, Z., & Tiong, R. L. (2021). Data-driven prediction of contract failure of public-private partnership projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(8), 04021089.
- Zhang, M., Liu, X., & Ding, Y. (2021). Assessing the influence of urban transportation infrastructure construction on haze pollution in China: A case study of Beijing-Tianjin-Hebei region. *Environmental Impact Assessment Review*, 87, 106547.
- Zhang, X., Song, W., & Peng, L. (2020). Investment by Chinese enterprise in infrastructure construction in Malaysia. *Pacific Focus*, 35(1), 109-140.