



Journal of Turkish Operations Management

Dijital dönüşümde proje yönetim sistemine yönelik bir araştırma: Bulanık AHP ve bulanık MAIRCA yaklaşımı

Emine Elif Nebati^{1*}

¹Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
emine.nebati@izu.edu.tr, ORCID No: <https://orcid.org/0000-0002-3950-4279>

Makale Bilgisi

Makale Geçmişi:

Geliş: 12.09.2023
Revize: 09.11.2023
Kabul: 11.12.2023

Anahtar Kelimeler:

Dijital Dönüşüm,
Proje Yönetimi,
Bulanık AHP,
Bulanık MAIRCA

ÖZET

Firmalar, projeler için süre ve iş dağılımı gibi konularda planlamaya yardımcı, projedeki hedefleri takip ve kontrol etmeyi kolaylaştırıcı proje yönetimi sistemlerini kullanmaktadır. Proje yönetimi, tüm sektörler için kritik öneme sahip bir konudur. Son yıllarda, dijital dönüşüm tüm iş alanlarında olduğu gibi proje yönetiminde de değişikliklere yol açmıştır. Teknolojinin hızlı gelişimi ile, Geleneksel proje yönetimlerine alternatif olarak, yeni proje yönetim sistemleri tercih edilmeye başlanmıştır. Firmalar, uygun proje yönetim sistemleri seçimi ile verimliliklerini arttırmak, rekabette söz sahibi olmak istemektedir. Bu çalışmanın temel amacı dijital dönüşümün proje yöneticileri için getirdiği yenilikleri göz önünde bulundurarak, proje yönetimi süreçlerinde dijital dönüşüm için ihtiyaç duyulan faktörler üzerinde önceliklendirme yapmak, bir işletme için uygun proje yönetim sistemi seçimi yapmaktır. Bu amaç doğrultusunda, araştırma analizleri çerçevesinde Bulanık AHP ve Bulanık MAIRCA tercih edilmiştir. Çalışmanın özgünlüğü, önerilen metodolojinin bu alanda kısıtlı örneği bulunmasıdır. Böylelikle, sektördeki karar vericilere yardımcı olacağı umulmaktadır. Ayrıca, önerilen Bulanık MAIRCA yaklaşımı ile yazına katkı sağlanacağı umulmaktadır.

A research on project management system in digital transformation: Fuzzy AHP and fuzzy MAIRCA approach

Article Info

Article History:

Received: 12.09.2023
Revised: 09.11.2023
Accepted: 11.12.2023

Keywords:

Digital Transformation,
Project Management,
Fuzzy AHP,
Fuzzy MAIRCA

Abstract

Companies use project management systems that help planning on issues such as duration and work distribution for projects and facilitate tracking and controlling the objectives in the project. Project management is a critical issue for all sectors. In recent years, digital transformation has led to changes in project management as in all business areas. With the rapid development of technology, new project management systems have started to be preferred as an alternative to traditional project management. Companies want to increase their productivity and have a say in competition by choosing appropriate project management systems. The main purpose of this study is to prioritise the factors needed for digital transformation in project management processes, considering the innovations brought by digital transformation for project managers, and to choose the appropriate project management system for a business. For this purpose, Fuzzy AHP and Fuzzy MAIRCA were preferred within the framework of research analyses. The originality of the study is that the proposed methodology has limited examples in this field. Thus, it is hoped that it will help decision makers in the sector. It is also hoped that the proposed Fuzzy MAIRCA approach will contribute to the literature.

1. Giriş

Son yıllarda teknolojik gelişmelerin hızlanması, dünya düzeninin değişmesi ve artan rekabet ile birlikte dijital dönüşüm kavramı şirketler için daha da önemli hale gelmiştir. Dijital dönüşüm girişimlerinde başarının ön koşullarından bazıları, stratejik planlama ve ihtiyaca uygun stratejiler ile uygun ve etkin iş süreçlerinin tasarlanması ve yönetilmesi, doğru yatırımlar yapmak, yeterli ve nitelikli kadrolar kurmaktır. Firmaların çeşitli sektörlerde dijital dönüşüm faaliyetlerini gerçekleştirmektedir.

Son yıllarda, yazılım sektöründeki hızlı gelişmeler, şirketleri iş süreçlerinde de dijital dönüşümle entegre yeni yöntemler aramaya yönlendirmiştir. Süreç ve sistemlerin dijital dönüşümü yazında iki açıdan değerlendirilmiştir. İlk olarak, üretimden ürünlerin/hizmetlerin son kullanıcıya ulaşmasına kadar ki süreçlerdir. Diğer ise, süreç ve sistemlerin dijital dönüşümü, şirket içerisindeki işlemlerde iş süreçlerinin dijital dönüşümüdür (Peker,2022). İş gücü ve zaman kayıplarının azaltılması, risklerin minimize edilmesi, verimliliği artırma, kaynak kullanımını azaltma ve finansal kazanımların sağlanması, iş süreçlerinin dijital dönüşümüyle hızlandırılabilir. Yazılım sektöründeki şirketler de bu dönüşüm sürecinde rekabet hızının artması, dijital çağın hızlı değişimi ile geleneksel proje yönetimi yaklaşımları yerine yeni proje yönetim sistemlerine yönelmek istemektedirler.

Proje yönetimi, projenin hedeflerine ulaşması sürecini kontrol etmektedir (Munns ve Bjeirmi, 1996). Proje başarısı, kurumlar üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir. Proje yönetim sistemleri de proje başarısında etkili önemli faktörlerden biridir. Bu yüzden projede seçilecek sistem detaylı bir şekilde incelenmeli ve projenin yapısına uygun olmalıdır. Capture (2021) tarafından proje yönetim süreçlerinde dijitalleşmenin kullanılması şirketlerde “başarıyı hızlandırıcı” olarak tanımlanmıştır. Bu dönüşüm sürecinde, doğru sistemler seçilmeye çalışılırken süreci bazı faktörlerde göz önünde bulundurulmalıdır. Dijital dönüşümde profesyonel proje yönetiminde başarı için, stratejik öngörü, risk yönetimi, değişim ve yeniliğe açıklık, bütçe ve insan kaynağının doğru kullanımı gibi faktörlerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu süreçte, seçilen sistemlerin proje gereksinimlerine uyumlu olması gerekmektedir.

Proje yönetimi, işletmelerin hedeflerine ulaşmak ve projeleri başarılı bir şekilde tamamlamak için kullanılan önemli bir disiplindir. Bu projelerin yönetiminde kullanılan metodolojiler arasında Waterfall (Çağlayan) ve Agile (Çevik) gibi farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. Waterfall proje yönetimi, geleneksel ve sıralı bir yaklaşımı temsil eder. Bu yöntem, bir projenin belirli aşamalarının sırayla tamamlanmasını gerektirir. Waterfall proje yönetim sistemi, belirli projeler için uygun olabilir ve özellikle karmaşık ve büyük ölçekli projelerde kullanılır. Waterfall yaklaşımının temel avantajlarından biri, projenin başlangıcından sonuna kadar belirsizlikleri minimize etmeye yardımcı olmasıdır (Wysocki, 2014). Waterfall yaklaşımının bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Özellikle hızlı değişen pazarlarda veya teknolojilerde, bu yaklaşımın esnekliği eksik olabilir. Ayrıca, müşteri geri bildirimlerini dikkate almak ve projeyi daha fazla uyarlamak zor olabilir. Agile proje yönetimi, özellikle hızlı değişen pazarlarda ve yazılım geliştirme projelerinde kullanılan popüler bir yöntemdir. Bu yaklaşım, müşteri odaklıdır ve müşteri geri bildirimlerini değerli bir şekilde kullanmayı vurgular. Ayrıca, proje ekibi üyeleri arasındaki iş birliğini teşvik eder ve hızlı teslimatı hedefler (Schwaber & Sutherland, 2017). Dezavantajı ise, Özellikle belirsiz projelerde veya büyük ölçekli projelerde, Agile yaklaşımı yönetim zorluklarına yol açabilir. Agile yaklaşımında en sık tercih edilen sistemler ise, Kanban, Extreme Programming (XP) ve Scrum'dır.

Bu çalışmada, yazılım sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın iş sürecinin dijital dönüşümünde uygun proje yönetim sistemi seçimi problemi ele alınmıştır. Çalışmada, firmada hangi proje sisteminin öncelikli olarak hayata geçirilmesinin daha faydalı olacağı sorusuna cevap aranmış ve bir çözüm modeli önerilmiştir. Önerilen çözümde, kriterlerin önceliklendirilmesinde yazında geçerliliği kabul edilmiş Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (B-AHP) ve proje yönetim sistemlerinin sırlanmasında ise, özellikle ulusal yazında kısıtlı örneği bulunan Bulanık MultiAttributive Ideal-Real Comparative Analysis- Çok Nitelikli İdeal Gerçek Karşılaştırmalı Analiz (B-MAIRCA) yöntemi tercih edilmiştir. Söz konusu firmada mevcut durumda kullanılan proje yönetim sistemleri ile analiz neticesinde elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında benzer sıralamaların elde edildiği görülmüştür. Bu durumun önerilen çözüm modelinin doğruluğunu destekler nitelikte olduğu söylenebilir.

Çalışmanın ikinci bölümünde literatür taraması gerçekleştirilmiş ve proje yönetim sistemleri ile ilgili çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde, çalışma kapsamında uygulanan Bulanık Çok Kriterli Karar Verme metodları hakkında bilgi verilmiş ve uygulama adımları anlatılmıştır. Çalışmanın dördüncü bölümünde, Türkiye’de yazılım sektöründe faaliyet gösteren bir şirket için dijital dönüşümde proje yönetim sistemi seçimi değerlendirilmiştir. Son bölümde ise, proje seçimi ve önceliklendirmesiyle ilgili elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş ve gelecek çalışmalar için önerilerde bulunulmuştur.

2. Literatür Taraması

Çalışmanın bu bölümünde, ulusal ve uluslararası kaynaklarda son yıllarda öne çıkan çalışmalara yer verilmiştir.

Ömürbek ve arkadaşları, bir üniversite için bilgi işlem daire başkanlığında kurumsal proje yönetimi yazılım geliştirmede AHP ve TOPSIS yöntemlerini tercih etmiştir. Agile ve Scrum desteğini en iyi şekilde yansıtan kurumsal proje yönetim (EPM) aracının kullanılmasına karar verilmiştir (Ömürbek vd., 2015). Erdem ve Younis, yazılım projelerinin yönetimi ile ilgili proje yönetimi ve gerekli risk kuramları belirlemiş, yazılım projelerinin başarıyla sonuçlandırılması için öneriler sunmuştur (Erdem ve Younis, 2014). Gencer ve Kayacan, çalışmada Waterfall ve Agile proje yönetimi tekniklerini karşılaştırmış; proje gereksinimleri, ortaya çıkarılan ürün, kaynak kullanımı, organizasyonel yapı gibi açılardan incelendiğinde iki tekniğin de kendine has güçlü olduğu yönlerinin olduğu belirtilmiş, proje bazında değerlendirme yapılması gerekliliği vurgulanmıştır (Gencer ve Kayacan, 2017). Elibol ve Erol çalışmada, oyun sektöründe Scrum proje yönetim metodunun uygulanması hakkında araştırma yapmıştır. Scrum proje yönetiminde roller, müşterinin isteği ile değişen proje kapsamının adaptasyonu hakkında bilgiler verilmektedir (Elibol ve Erol, 2017: 169). İsmail ve Mansor, çalışmada Agile proje yönetiminde yaşanan zorluklarla ilgili inceleme yapmıştır. Yazılım projelerinde çevik proje yönetimi metodolojisi uygulanırken karşılaşılan problemlerden bahsedilmiştir (İsmail ve Mansor, 2018). Aydın ve arkadaşları, yazılım projelerinde çalışan kişilerden faydalanılarak Scrum proje yönetimi sisteminin kullanıldığı firmaların başarı düzeyleri araştırılmış ve Scrum proje yönetimi sisteminin şirket projelerinde verimliliği artırdığı sonucuna ulaşılmıştır (Aydın vd., 2020). Borandağ ve Yücalar, çalışmada web ve AR (augmented reality) tabanlı Scrum proje yönetimi uygulamalarını karşılaştırmış; kullanılan modüller ve teknolojik altyapı açısından web tabanlı Scrum proje yönetimi uygulamasının kullanım kolaylığı, projede kimin hangi işi sürdürdüğü bilgisinin daha açık ve anlaşılır bir şekilde görülebiliyor olması gibi konulardan ötürü daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir (Borandağ ve Yücalar, 2020). Başak çalışmasında, IT sektöründe klasik proje yönetimin başarısızlıklarından, müşteri gereksinimlerine hızlı cevap verilmesine olanak sağlayan çevik proje yönetim metodolojisi olan Scrum tekniğinden bahsetmiştir (Başak, 2020). Tiryaki çalışmasında, çevik yönetim metodlarından olan Aşırı Programlama, Scrum, Rasyonel Birleştirilmiş Süreç ve Kanban yöntemlerinin yazılım projelerinde değerlendirilmesi ve karşılaştırılması yapılmıştır. Proje yönetim metodolojilerin ilerleyişi hakkında bilgi vermektedir (Tiryaki, 2021). Özcan ve Büçğün, çalışmada bluetooth kulaklık üretimi yapan bir firmada oluşan proje yönetimi ihtiyacına yönelik bir araştırma yapmıştır. Proje yönetiminin gerekliliği saptanmış olup, projenin tamamlanma süresi, işgücü ihtiyacı, kapasite ve zaman planlaması proje yönetimi uygulamaları sayesinde net bir şekilde tespit edilmiştir (Özcan ve Büçğün, 2021). Çalışkan ve arkadaşları, proje yönetim sistemlerinin kullanımı ile ilgili bir anket gerçekleştirmiş; kalite ve verim açısından çevik yöntemlerin kullanımının çok daha yaygın olduğu tespit edilmiştir. (Çalışkan vd., 2021). Marnada ve arkadaşları, çalışmada çevik proje yönetiminin zorluklarından bahsetmiştir. Çevik proje yönetiminde projenin kapsamı ve değişikliğin yürütülmesindeki zorlukları incelemiştir. Proje yönetimindeki en büyük zorluğun organizasyon, kullanıcı gereksinimi önceliklendirme, kapsam dışı gereksinim ve iletişimden kaynaklandığı bulunmuştur (Marnada vd., 2022). Peker çalışmasında, firmaların iş süreçlerinin dijital dönüşümünde proje seçimi gerçekleştirmiştir. (Peker, 2022). Eren çalışmasında, proje yönetimi süreçlerinde dijital dönüşüm için ihtiyaç duyulan faktörler üzerinde önceliklendirme yapılmıştır (Eren, 2022). Kadenic ve arkadaşları, Scrum proje yönetim metodolojisinin temel bileşenlerin rolü ve etkisi hakkında araştırma yapmıştır. Dört temel bileşen olarak, ekip yapısı, Scrum değerleri, Scrum rolleri ve Scrum olaylarını ele almıştır. Araştırma sonucuna göre, bu bileşenlerin takımın olgunlaşmasını ve ekibin karar vermesini sağlamada olumlu bir şekilde etkilediğine ulaşılmıştır (Kadenic vd., 2023). İncelenen çalışmalar sonucunda,

Mevcut çalışmanın literatüre katkıları ve çıkarımları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- ✓ Bu çalışmada, Bulanık AHP yöntemi ve Bulanık MAIRCA yöntemleri bütünlük kullanılması önerilmiştir. Hibrit Bulanık ÇKKV yaklaşımıyla ilgili analitik bir çerçeve sunulmuştur.
- ✓ Önerilen metodolojinin yazında çok kısıtlı örneği olması sebebiyle yazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.
- ✓ Geçmiş çalışmalar incelendiğinde proje yönetim sistemleri ile ilgili çeşitli çalışmalar olduğu, iş süreçlerinin dijital dönüşüm projeleri ile ilgili oldukça az çalışma bulunduğu görülmüştür. Bu durum çalışmanın özgünlüğünü ortaya koymaktadır. Çalışma ile, hem literatüre hem araştırmacılara katkı sağlayacağı umulmaktadır
- ✓ Çalışmada önerilen modelin sonucu duyarlılık analizi ile test edilmiştir.

3. Yöntem

Bu bölümde analizde kullanılan yöntemlerin teorik altyapısına yer verilmiştir.

3.1. Bulanık AHP yöntemi

Bulanık AHP, belirli kriterlere göre en iyi seçeneği belirlemek için bulanık küme teorisini AHP algoritmasına uygulayan bir tekniktir. Bu yöntem Chang'ın (1996) rank analizine dayanmaktadır. Birçok araştırmacı bu yöntemin geliştirilmesine katkıda bulunmuştur (Karakul, 2019). Özellikle problemlerin tam olarak tanımlanmadığı veya bu problemlerin çözülmesinin belirsizlik durumunda karar vermeye tam uygun olmadığı durumlarda AHP' nin bulanık mantıkla birleştirilmesiyle Bulanık Analitik Hiyerarşik Süreci (Fuzzy AHP) ortaya çıkarılmıştır. (Kiraz vd., 2018)

Bu yöntem, karar vermede nicel ve nitel kriterleri değerlendirebilen matematiksel bir yöntemdir.. Bulanık AHP, ikili karşılaştırma prosedüründeki belirsizliği ve özneliği belirtmek için AHP'nin yetersiz kaldığı durumları iyileştirmiştir. (Söyler ve Pirim, 2014). Yazında çeşitli alanlarda uygulamaları mevcuttur (Wang ve diğ., 2012; Majumdar ve diğ., 2020; Çalık,2021). Çok kriterli karar verme problemlerinin Bulanık AHP metodu ile modellenmesinde aşağıdaki adımlar sırasıyla takip edilir (Chang, 1996; Şahin ve Ayvaz, 2020; Kahraman vd., 2004; Tayyar 2012;).Elemanların kümesinin $X = x_1, x_2 \dots x_n$ ve amaç kümesinin de $U = u_1, u_2 \dots u_n$ olduğu kabul edilsin. Chang'ın (1996) mertebeye analizi yöntemine göre, $M_{gi}^j (j = 1,2,3 \dots m)$ üçgensel bulanık sayılardır.

1.Adım: Her bir eleman için aşağıda gösterildiği gibi m derece analizi değeri elde edilir: Bulanık sentetik derecenin değeri i. değere göre eşitlik (1)'de verildiği şekliyle hesaplanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^n M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (1)$$

$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ İfadesini elde etmek için m dereceden analiz değerlerinin bulanık ilave matrisinde özel bir matris kullanılır. Bu matrisin matematiksel ifadesi gösterildiği gibidir:

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{i=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j) \quad (2)$$

Burada çarpımın ikinci kısmı olan $\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$ matematiksel ifadesini elde etmek için $M_{gi}^j (j=1,2, \dots, m)$ değerlerinin bulanık ilave işlemi aşağıdaki gibi gösterilir:

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{i=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j) \quad (3)$$

Eşitlik 4'de ki vektörün tersi ise aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (4)$$

2.Adım: Karşılaştırılması yapılacak M_1 ve M_2 olmak üzere iki küme olsun. $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ eşitliğinin olabilirlik derecesi aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad (5)$$

Bu ifade eşitlik 6'ya eşittir:

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d)$$

$$= \begin{cases} 1, & \text{eğer } m_2 \geq m_1, \\ 0, & \text{eğer } l_1 \geq u_2, \end{cases} \quad (6)$$

$$\frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} \text{ diğer durumlarda}$$

Burada d değeri, μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim değerine sahip noktanın ordinatıdır. M_1 ve M_2 'nin karşılaştırılabilmesinde $V(M_1 \geq M_2)$ ve $V(M_2 \geq M_1)$ değerlerine ihtiyaç duyulur.

3. Adım: Konveks bulanık bir sayının, k tane konveks bulanık sayı M_i ($i=1,2,\dots,k$)'den büyük olmasının olası derecesi aşağıda gösterildiği gibi tanımlanır:

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) \\ &= V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i), i=1, 2, 3, \dots, k. \text{ Varsayalım, } k=1,2,3, \dots, n; k \neq i \text{ için:} \end{aligned} \quad (7)$$

$$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad (8)$$

Bu durumda ağırlık vektörü aşağıdaki gibi olur:

$$W^* = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T$$

A_i ($i=1,2,\dots,n$) n elemanlıdır.

4. Adım: Normalizasyon yapılarak normalize edilen ağırlık vektörü:

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \text{ W bulanık olmayan bir sayıdır} \quad (9)$$

3.2. Bulanık MAIRCA

MAIRCA, Pamucar ve diğ. tarafından 2014 yılında geliştirilmiştir (Pamucar ve diğ., 2018). Bulanık MAIRCA yöntemi ise, MAIRCA metodundaki belirsizliklerden yola çıkarak 2020 yılında geliştirilmiştir (Boral vd., 2020). Karar vericilerin kriterlerin fayda ya da maliyet gibi nitelikleri hakkında bilgi aranmamaktadır. Yöntem yeni olmakla beraber kısıtlı alanda örnekleri bulunmaktadır (Ayadi vd.,2021; Gül ve Ak ,2020: 1231; Gül vd., 2021; Yıldızbaşı vd., 2021]. Bulanık Mairca adımları sırasıyla verilmiştir [Boral vd.,2020: Yıldızbaşı vd.,2021).

Adım 1: Öncelikle, alternatiflerin dilsel ifadelerle değerlendirilmesi sonucu olarak dilsel karar matrisi (D_L) Eşitlik 10'da oluşturulmuştur. L_{mn}^k m kadar alternatifin n kadar kriter altında k kadar değerlendirildiğini ifade eder.

$$D_L = \begin{pmatrix} L_{11}^1 & \dots & L_{1n}^k \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ L_{m1}^1 & \dots & L_{mn}^k \end{pmatrix} \quad (10)$$

Adım 2: İlk adımdaki, dilsel karar matrisi kullanılarak bulanık sayılar ile değiştirilir.

$$\begin{aligned} \tilde{D}^{(1)} &= \begin{bmatrix} \tilde{A}_{11}^{(1)} & \tilde{A}_{12}^{(1)} & \dots & \tilde{A}_{1n}^{(1)} \\ \tilde{A}_{21}^{(1)} & \tilde{A}_{22}^{(1)} & \dots & \tilde{A}_{2n}^{(1)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{A}_{m1}^{(1)} & \tilde{A}_{m2}^{(1)} & \dots & \tilde{A}_{mn}^{(1)} \end{bmatrix}, \dots, \\ \tilde{D}^{(k)} &= \begin{bmatrix} \tilde{A}_{11}^{(k)} & \tilde{A}_{12}^{(k)} & \dots & \tilde{A}_{1n}^{(k)} \\ \tilde{A}_{21}^{(k)} & \tilde{A}_{22}^{(k)} & \dots & \tilde{A}_{2n}^{(k)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{A}_{m1}^{(k)} & \tilde{A}_{m2}^{(k)} & \dots & \tilde{A}_{mn}^{(k)} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (11)$$

Adım 3: Ağırlıklar kullanılarak Eşitlik 12'deki bütünleşik karar matrisi oluşturulur.

$$\tilde{D} = \begin{pmatrix} \tilde{A}_{11} & \tilde{A}_{12} & \cdots & \tilde{A}_{1m} \\ \tilde{A}_{21} & \tilde{A}_{22} & \cdots & \tilde{A}_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{A}_{m1} & \tilde{A}_{m2} & \cdots & \tilde{A}_{mn} \end{pmatrix} \quad (12)$$

Böylece, $\tilde{A}_{11} = (\tilde{A}_{11}^{(1)} + \tilde{A}_{11}^{(2)} + \dots + \tilde{A}_{11}^{(k)}) / k$ şeklinde hesaplanır.

Adım 4: P_{Ai} seçimine göre tercih belirlenir. Herhangi bir tercih eşit olasılıkla seçilebildiğinden, alternatiflerin her biri için tercihler Eşitlik 13 ile gösterilir.

$$P_{Ai} = \frac{1}{m}; \sum_{i=1}^m P_{Ai} = 1, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (13)$$

Adım 5: Bulanık teorik değerlendirme matrisi (\tilde{T}_{PA}) tanımlı ağırlıklar ve (P_{Ai}) çarpılması ile elde edilir.

$$(\tilde{T}_{PA}) = \begin{bmatrix} \frac{1}{m} \tilde{w}_1 & \frac{1}{m} \tilde{w}_2 & \cdots & \frac{1}{m} \tilde{w}_n \\ \frac{1}{m} \tilde{w}_1 & \frac{1}{m} \tilde{w}_2 & \cdots & \frac{1}{m} \tilde{w}_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{m} \tilde{w}_1 & \frac{1}{m} \tilde{w}_2 & \cdots & \frac{1}{m} \tilde{w}_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \tilde{t}_{p11} & \tilde{t}_{p12} & \cdots & \tilde{t}_{pn1} \\ \tilde{t}_{p21} & \tilde{t}_{p22} & \cdots & \tilde{t}_{pn2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{pm1} & \tilde{t}_{pm2} & \cdots & \tilde{t}_{pmn} \end{bmatrix} \quad (14)$$

Adım 6: Hesaplamalarda sayısal gösterimin güvenilirliğini arttırmak için Eşitlik 15'de denklemler ile normalizasyon yapılır.

$$\begin{aligned} n_{ij}^l &= \frac{a_{ij}^l}{\sqrt{\sum_{i=1}^m [(a_{ij}^l)^2 + (a_{ij}^m)^2 + (a_{ij}^u)^2]}} \\ n_{ij}^m &= \frac{a_{ij}^m}{\sqrt{\sum_{i=1}^m [(a_{ij}^l)^2 + (a_{ij}^m)^2 + (a_{ij}^u)^2]}} \\ n_{ij}^u &= \frac{a_{ij}^u}{\sqrt{\sum_{i=1}^m [(a_{ij}^l)^2 + (a_{ij}^m)^2 + (a_{ij}^u)^2]}} \end{aligned} \quad (15)$$

Adım 7: Teorik hesaplama matrisinin bulanık ögeleri hesaplanır. Eşitlik 16'da normalize karar matris ögeleri ve teorik hesaplama matris ögeleri çarpılır.

$$\tilde{T}_{rA} = \begin{pmatrix} \tilde{t}_{r11} & \tilde{t}_{r12} & \cdots & \tilde{t}_{rn1} \\ \tilde{t}_{r21} & \tilde{t}_{r22} & \cdots & \tilde{t}_{rn2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{t}_{rm1} & \tilde{t}_{rm2} & \cdots & \tilde{t}_{rnm} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{n}_{11} \otimes \tilde{t}_{p11} & \tilde{n}_{11} \otimes \tilde{t}_{p12} & \cdots & \tilde{n}_{11} \otimes \tilde{t}_{pn1} \\ n_{21} \otimes \tilde{t}_{p21} & n_{22} \otimes \tilde{t}_{p22} & \cdots & \tilde{n}_{12} \otimes \tilde{t}_{pn2} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ n_{m1} \otimes \tilde{t}_{pm1} & n_{m2} \otimes \tilde{t}_{p22} & \cdots & \tilde{n}_{nm} \otimes \tilde{t}_{pn2} \end{pmatrix} \quad (16)$$

Adım 8: Her kritere göre her alternatifin değerlendirmesi arasındaki boşluk hesaplanır. Toplam boşluk matrisi Eşitlik 17 ile oluşturulur.

$$\tilde{D} = \begin{pmatrix} \tilde{A}_{11} & \tilde{A}_{12} & \cdots & \tilde{A}_{1m} \\ \tilde{A}_{21} & \tilde{A}_{22} & \cdots & \tilde{A}_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{A}_{m1} & \tilde{A}_{m2} & \cdots & \tilde{A}_{mn} \end{pmatrix} \quad (17)$$

Adım 9: Son adımda, her kritere göre her alternatifin boşluk değerleri toplanarak kriter fonksiyonlarının nihai değeri hesaplanır. Değerler büyükten küçüğe sıralanır.

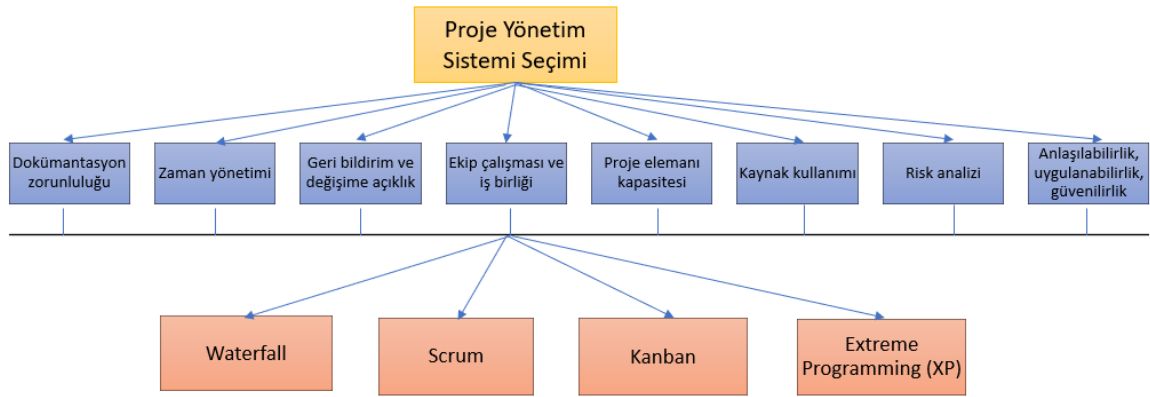
$$P_{Ai} = \frac{1}{m}; \sum_{i=1}^m P_{Ai} = 1 \quad (18)$$

4. Uygulama

Önerilen bütünleşik çözüm yöntemi Türkiye’de yazılım sektöründe faaliyet gösteren bir firmanın dijital dönüşüm sürecinde proje yönetim sistemi seçimine uygulanmıştır. Firma, dijital dönüşüm sürecinde hali hazırda kullandığı ve kullanmak istediği proje yönetim sistemlerini değerlendirmek istemektedir. Öncelikle şirkette mühendis konumunda 3 karar verici belirlenmiştir. Karar verici bilgilerinden ve yazındaki çalışmalardan faydalanılarak dönüşüm sürecinde değerlendirilmesi istenen sekiz kriter ve Waterfall, Scrum, Kanban, Extreme Programming (XP) olmak üzere 4 proje yönetim sistemi karşılaştırılmıştır. Önerilen model Şekil 1 ve kriter açıklamaları Tablo 1’de verilmiştir. Uygulama çalışmasının adımları aşağıda verilmiştir.

4.1. Bulanık AHP Yöntemiyle Kriter Ağırlıklarının Elde Edilmesi

1. Adım: Çalışma kapsamında yazındaki çeşitli araştırmalardan ve faydalanılarak 8 kriter ve 4 alternatif belirlenmiştir. Önerilen hiyerarşik model yapısı Şekil 1’de paylaşılmıştır. Dijital dönüşümde, proje yönetimi sistemi seçimi için belirlenen kriter açıklamaları ise Tablo 1’de sunulmuştur.



Şekil 1. Önerilen Hiyerarşi Modeli

Tablo 1. Kriter açıklamaları

Dokümantasyon zorunluluğu (K1)	Gereksinimlerin, ilerlemenin ve verilen kararların belgelendirilmesi gerekmektedir (Gencer ve Kayacan, 2017).
Zaman yönetimi (K2)	İlgili projedeki adımların bir süreye bağlı olup olmaması.
Geribildirim ve Değişime Açıklık(K3)	Adım adım ilerlenen tekniklerde geriye dönülmez, değişiklik yapılmaz. Agile’da sürekli iyileştirme, geliştirme uygulaması vardır. (Gencer & Kayacan, 2017), Projedeki ilerlemenin görülebilmesi ve rapor edilmesi için belirli periyotlarla bilgi verilmesi projenin devamlılığı açısından fayda sağlar (Yücalar ve Borandağ, 2019).
Ekip çalışması ve iş birliği(K4)	Proje yürütücüleri ve bu projenin takibini yapan kişiler arasında bilgi akışının yapılabilir ve bunun sürece entegre edilebiliyor olması. (Yücalar & Borandağ, 2019).
Proje elemanı kapasitesi(K5)	Tecrübe ve Yetenekler, Alan Bilgisi gibi özellikler proje yönetim metodolojisi seçiminde kritik öneme sahiptir (Çalışkan vd., 2021).
Kaynak kullanımı (K6)	Projeyi iyi çözüme götüren kaynaklara öncelik verilmesi, bunların optimum düzeyde kullanılmasının tespitinin sağlanmasına olanak verme yetkinliği. (Alma vd.,2016)
Risk analizi (K7)	Risk faktörlerinin belirlenmesi ve önceliklendirilmesi, risk faktörünün gerçekleşme ihtimali ile potansiyel etkisinin analizi (Gencer ve Kayacan, 2017)
Anlaşılabilirlik, Uygulanabilirlik,	Projede kullanılacak yapılan çalışmanın daha basit ve karmaşık çözümler yerine daha uygulanabilir olması, bu bağlamda da müşteriye yapılan çalışmanın güven vermesi önemli yere sahiptir (Özcan ve Büçğün, 2021).

**Güvenilirlik
(K8)**

2. Adım: Firmada proje yöneticiliğinde görev yapan üç uzmandan kriterleri değerlendirmeleri istenmiştir. Karşılaştırma matrisi buna göre geliştirilmiştir. Karar vericilere, değerlendirilmede kullanılmak üzere Tablo 2'deki ölçek sunulmuştur. Üç Karar verici, kriterleri Tablo 2'ye göre karşılaştırdıktan sonra geometrik ortalamaları alınarak elde edilen değerler Tablo 3 karşılaştırma matrisinde verilmiştir.

Tablo 2. Chang yöntemine göre BAHP'de kullanılan ölçek (Chang, 2006)

Sözel Tanım	Sayı	Bulanık Sayılar	Karşılık Sayılar
Eşit öneme sahip	1	(1,1,1)	(1,1,1)
Ara Değer	2	(1,2,4)	(1/4,1/2,1)
Biraz daha fazla önemli	3	(1,3,5)	(1/5,1/3,1)
Ara Değer	4	(2,4,6)	(1/6,1/4,1/2)
Kuvvetli derecede önemli	5	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)
Ara Değer	6	(4,6,8)	(1/8,1/6,1/4)
Çok kuvvetli derecede önemli	7	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)
Ara Değer	8	(6,8,9)	(1/9,1/8,1/6)
Tamamıyla önemli	9	(7,9,9)	(1/9,1/9,1/7)

Tablo 3. Bulanık sayılarla oluşturulmuş kriterlerin kendi aralarında ikili karşılaştırmalar matrisi

	K1	K2	K3	K4
K1	(1,1,1)	(6.26,8.28,9)	(2.92, 5.28, 7.4)	(5.59, 7.61, 9)
K2	(0.11, 0.12, 0.16)	(1,1,1)	(1.91, 2.08,2.08)	(1, 1, 1)
K3	(0.14, 0.19,0.14)	(0.48, 0.48,0.48)	(1,1,1)	(1, 1.44, 1.71)
K4	(0.11, 0.13, 0.18)	(1,1,1)	(0.58 0.69, 1)	(1, 1.44, 1.71)
K5	(0.12, 0.14, 0.19)	(0.11, 0.11, 0.19)	(0.15, 0.19, 0.36)	(0.18, 0.28,0.69)
K6	(0.12, 0.14, 0.19)	(0.25, 0.25, 0.36)	(0.2, 0.33, 1)	(1, 1, 1)
K7	(0.12, 0.16, 0.24)	(0.34, 0.34, 1)	(0.52, 0.58, 0.69)	(0.84, 1.19, 0.91)
K8	(0.13, 0.18, 0.28)	(0.15, 0.15, 0.41)	(0.18, 0.28, 0.69)	(0.44, 0.69, 1.33)
K1	K5	K6	K7	K8
K2	(5.28, 7.40, 8.28)	(5.28, 7.40, 8.28)	(4.22, 6.26, 8.28)	(3.56, 5.59, 7.61)
K3	(5.59, 7.61,9.00)	(2.76, 3.56, 3.98)	(1, 2.08, 2.92)	(2.47, 4.72, 6.80)
K4	(2.76, 5.13,6.80)	(1, 3, 5)	(1.44, 1.71, 1.91)	(1.44, 3.56, 5.59)
K5	(1.44, 3.56,5.59)	(1.44, 2.47, 3.27)	(1.44, 2.47, 3.27)	(2.08, 4.22, 6.26)
K6	(1,1,1)	(2.47, 4.72, 6.80)	(2.08, 4.22, 6.26)	(3, 5, 7)
K7	(0.15, 0.21, 0.41)	(1, 1, 1)	(1.44, 3.56, 5.59)	(1.44, 2.47, 3.27)
K8	(0.16, 0.24,0.48)	(0.18, 0.28, 0.69)	(1, 1, 1)	(1.44, 2.47, 3.27)
	(0.27, 0.34, 0.48)	(0.31, 0.41, 0.69)	(0.31, 0.41, 0.69)	(1, 1, 1)

Tablo 3'te her bir kriterin bulanık geometrik ortalama değerleri hesaplanmıştır. Tablo 4'de bulanık geometrik ortalama değerlere yer verilmiştir.

Tablo 4. İkili Karşılaştırma Matrisi

CRI	ri		
Dokümantasyon	3,79	5,32	6,33
Zaman Yönetimi	1,30	1,69	1,98
Geri Bildirim ve Değişime Açıklık	0,88	1,37	1,59
Ekip çalışması ve iş birliği	0,89	1,36	1,81
Proje eleman kapasitesi	0,52	0,73	1,13
Kaynak kullanımı	0,46	0,62	0,92
Risk Analizi	0,41	0,53	0,87
Anlaşılabilirlik, uygulanabilirlik ve güvenilirlik	0,28	0,36	0,63
Total	8,53	11,98	15,26
P (-1)	0,12	0,08	0,07
INCR	0,07	0,08	0,12

3. Adım: Tablo 5'te her bir kriterin bulanık ağırlıkları hesaplanmıştır.

Tablo 5. Bulanık Ağırlıklar

CRI	Wi		
Dokümantasyon	0,25	0,44	0,74
Zaman Yönetimi	0,09	0,14	0,23
Geri Bildirim ve Değişime Açıklık	0,06	0,11	0,19
Ekip çalışması ve iş birliği	0,06	0,11	0,21
Proje eleman kapasitesi	0,03	0,06	0,13
Kaynak kullanımı	0,03	0,05	0,11
Risk Analizi	0,03	0,04	0,10
Anlaşılabilirlik, uygulanabilirlik ve güvenilirlik	0,02	0,03	0,07

4. Adım: Tablo 6'da her bir kriterin ortalama ağırlık kriteri (Mi) ve bu değeri 0 ile 1 arasındaki ölçeğe yerleştiren normalleştirilmiş ağırlık kriteri (Ni) hesaplanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, dokümantasyon zorunluluğu en önemli kriter olarak birinci sırada yer alırken, zaman yönetimi, ekip çalışması ve iş birliği, geri bildirim ve değişime açıklık, proje eleman kapasitesi, kaynak kullanımı, risk analizi izlenmektedir. Anlaşılabilirlik, uygulanabilirlik ve güvenilirlik ise, en az öneme sahip kriter olarak ortaya çıkmıştır.

Tablo 6. Ortalama ağırlık kriteri (Mi) ve Normalleştirilmiş ağırlık kriteri (Ni)

Kriterler	Mi	Ni	Sıralama
Dokümantasyon zorunluluğu	0,48	0,43	1
Zaman Yönetimi	0,15	0,14	2
Geri Bildirim ve Değişime Açıklık	0,12	0,11	4
Ekip çalışması ve iş birliği	0,13	0,11	3
Proje eleman kapasitesi	0,08	0,07	5
Kaynak kullanımı	0,06	0,06	6
Risk Analizi	0,06	0,05	7
Anlaşılabilirlik, uygulanabilirlik ve güvenilirlik	0,04	0,04	8

4.2. Bulanık MAIRCA Yöntemiyle Alternatiflerin Değerlendirilmesi

Çalışmada, proje yönetim metodolojisi arasından en iyi olan alternatif Bulanık MAIRCA yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bulanık MAIRCA yöntemi uygulama adımları şu şekildedir:

1. Adım: Firma tarafından değerlendirilmesi istenen 4 proje yönetim sistemi Tablo 8’de verilen dilsel değerlendirme ölçeğine göre üç karar verici tarafından değerlendirilmiş ve karar matrisi oluşturulmuştur. Dilsel değerlendirmelere karşılık gelen sayısal değerler ile Tablo 9’da karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 7. Kriter Tanımlama

Dökümantasyon zorunluluğu	K1
Zaman Yönetimi	K2
Geri Bildirim ve Değişime Açıklık	K3
Ekip çalışması ve iş birliği	K4
Proje eleman kapasitesi	K5
Kaynak kullanımı	K6
Risk Analizi	K7
Anlaşılabilirlik, uygulanabilirlik ve güvenilirlik	K8

Tablo 8.Dilsel Değişken Ölçeği((Boral vd. 2019,))

Dilsel Terim	Bulanık Sayı Karşılık
Çok Zayıf (VP)	(0,1,2)
Zayıf(P)	(1,2,3)
Ortalama Zayıf (MP)	(2,3,5,5)
Eşit (F)	(4,5,6)
Ortalama İyi (MG)	(5,6,5,8)
İyi (G)	(7,8,9)
Çok İyi (VG)	(8,9,10)

Tablo 9. Karar verici kişiler için dilsel değerlendirme

Proje Yönetim Sistemleri	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
XP	G	VG	G	G	G	G	VG	G
Waterfall	P	MG	MP	P	F	P	MP	P
Scrum	VG	VG	VG	G	G	VG	G	VG
Kanban	G	G	VG	G	G	G	VG	VG

Adım 2: Dilsel değişkenlere karşılık gelen bulanık sayılar ile şirketlerin bulanık sayılara göre bulanık karar matrisi Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Başlangıç Bulanık Karar Matrisi

Proje Yönetim Sistemleri	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8
XP	(7,8,9)	(8,9,10)	(7,8,9)	(7,8,9)	(7,8,9)	(7,8,9)	(8,9,10)	(7,8,9)
Waterfall	(1,2,3)	(5,6,5,8)	(2,3,5,5)	(1,2,3)	(4,5,6)	(1,2,3)	(2,3,5,5)	(1,2,3)
Scrum	(8,9,10)	(8,9,10)	(8,9,10)	(7,8,9)	(7,8,9)	(8,9,10)	(7,8,9)	(8,9,10)
Kanban	(7,8,9)	(8,9,10)	(8,9,10)	(7,8,9)	(7,8,9)	(7,8,9)	(8,9,10)	(8,9,10)

Adım 3: Proje yönetim metodolojisi tercihleri Eşitlik 13 ile belirlenir. Dört metodoloji olduğundan $P_{Ai} = 0.25$ olarak kabul edilir.

Adım 4-5: Eşitlik 14 ile Tablo 11’deki bulanık teorik hesaplama matrisi elde edilir. Eşitlik 15 ile normalize karar matrisi Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 11. Bulanık Teorik Hesaplama Matrisi

Proje Yönetim Sistemleri	K1	K2	K3	K4
XP	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)
Waterfall	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)
Scrum	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)
Kanban	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)
	K5	K6	K7	K8
XP	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)
Waterfall	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)
Scrum	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)
Kanban	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)	(0.025, 0.025, 0.025)

Tablo 12. Bulanık normalize karar matrisi

Proje Yönetim Sistemleri	K1	K2	K3	K4
XP	(0.275,0.315,0.354)	(0.274,0.308,0.343)	(0.260,0.297,0.334)	(0.287,0.328,0.369)
Waterfall	(0.039,0.079,0.118)	(0.171,0.223,0.274)	(0.074,0.130,0.186)	(0.041,0.082,0.123)
Scrum	(0.315,0.354,0.393)	(0.274,0.308,0.343)	(0.297,0.334,0.371)	(0.287,0.328,0.369)
Kanban	(0.275,0.315,0.354)	(0.24,0.308,0.343)	(0.297,0.334,0.371)	(0.287,0.328,0.369)
	K5	K6	K7	K8
XP	(0.273,0.312,0.351)	(0.275,0.315,0.354)	(0.297,0.334,0.371)	(0.265,0.303,0.341)
Waterfall	(0.156,0.195,0.234)	(0.039,0.079,0.118)	(0.074,0.130,0.186)	(0.038,0.076,0.114)
Scrum	(0.273,0.312,0.351)	(0.315,0.354,0.393)	(0.260,0.297,0.334)	(0.303,0.341,0.379)
Kanban	(0.273,0.312,0.351)	(0.275,0.315,0.354)	(0.297,0.334,0.371)	(0.303,0.341,0.379)

Adım 6-7: Eşitlik 16 ile Tablo 13'teki bulanık gerçek düşünme matrisi elde edilir. Son adımda ise, Eşitlik 17 ve Eşitlik 18 ile kriter fonksiyonlarının son değerleri ve sıralamalar Tablo 14'de verilmiştir.

Tablo 13. Bulanık Gerçek Düşünme Matrisi

Proje Yönetim Sistemleri	K1	K2	K3	K4
XP	(0.007,0.008,0.009)	(0.007,0.008,0.009)	(0.006,0.007,0.008)	(0.007,0.008,0.009)
Waterfall	(0.001,0.002,0.003)	(0.004,0.006,0.007)	(0.002,0.003,0.005)	(0.001,0.002,0.003)
Scrum	(0.008,0.009,0.010)	(0.007,0.008,0.009)	(0.007,0.008,0.009)	(0.007,0.008,0.009)
Kanban	(0.007,0.008,0.009)	(0.006,0.008,0.009)	(0.007,0.008,0.009)	(0.007,0.008,0.009)
	K5	K6	K7	K8
XP	(0.007,0.008,0.009)	(0.007,0.008,0.009)	(0.007,0.008,0.009)	(0.007,0.008,0.009)
Waterfall	(0.004,0.005,0.006)	(0.001,0.002,0.003)	(0.002,0.003,0.005)	(0.001,0.002,0.003)
Scrum	(0.007,0.008,0.009)	(0.008,0.009,0.010)	(0.006,0.007,0.008)	(0.008,0.009,0.009)
Kanban	(0.007,0.008,0.009)	(0.007,0.008,0.009)	(0.007,0.008,0.009)	(0.008,0.009,0.009)

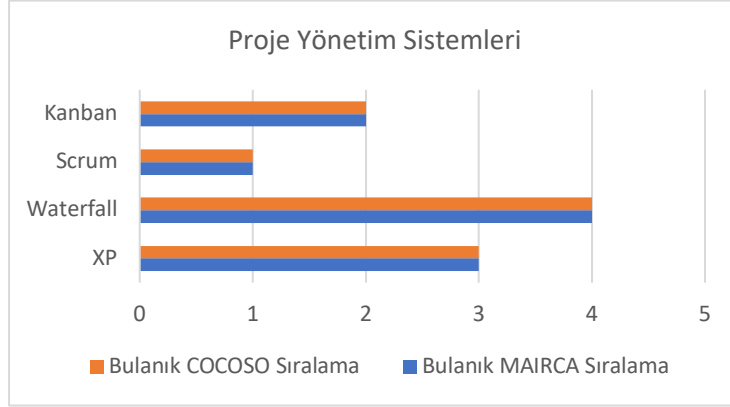
Tablo 14. Bulanık Marca Yöntemine göre Değerlendirme

Proje Yönetim Sistemleri	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	Kriter Fonksiyon değeri(Qi)	Sıralama
XP	0.017	0.017	0.018	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.1374	3
Waterfall	0.023	0.019	0.022	0.023	0.020	0.023	0.022	0.023	0.1754	4
Scrum	0.016	0.017	0.017	0.017	0.017	0.016	0.018	0.017	0.1345	1
Kanban	0.017	0.018	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.017	0.1358	2

Elde edilen sonuçlara göre, Scrum dijital dönüşümde şirket için önerilen en iyi proje yönetim sistemi iken, Waterfall en son sıralamada yer almaktadır. Scrum (Qi) değeri, Kanban ve XP ile karşılaştırıldığında birbirlerine çok yakın değerler almıştır.

4.3.Duyarlılık Analizi

Duyarlılık analizi, değişen verilerin optimal kararlar üzerindeki etkilerini inceleyen bir yöntemdir (Eroğlu ve Atasoy, 2006). Bu analiz, modelin nasıl çalıştığına dair bir anlayış geliştirmenin yanı sıra, veri toplama süreci başlamadan önce modelin doğruluğunu test etmek için tercih edilir (Borgonovo, 2017). Özetle, duyarlılık analizi, kriter ağırlıklarındaki potansiyel değişiklikleri ve alternatiflerin bu değişikliklere nasıl tepki verdiğini ortaya koymak için kullanılır. Şekil 2’de görüldüğü gibi, iki farklı senaryo dikkate alınarak duyarlılık analizi gerçekleştirilmiş ve alternatiflerin sıralamaları karşılaştırılmıştır. Sıralamalarda herhangi bir değişiklik gözlenmemiştir.



Şekil 2. Farklı yöntemler ile elde edilen sıralamalar

5. Tartışma ve Sonuç

Dijital dönüşüm, bir kuruluşun temelden çalışma şeklini, müşterilerine değer sunma ve hedeflerine ulaşma şeklini değiştirmek için dijital teknolojileri kullanma sürecidir. Dijital dönüşüm ile süreçler iyileştirilebilir, verimlilik artırılabilir. Bu dönüşüm sürecinde, kuruluşun kültüründe, zihniyetinde ve çalışma modelinde de değişiklik yapılması gerekmektedir. Dijital dönüşümün nihai amacı, büyümeyi ve rekabet gücünü artıracak yeni iş modelleri, gelir akışları ve müşteri deneyimleri yaratmaktır. Teknoloji alanındaki bu gelişmeler, klasik proje yönetimleri yerine günümüz ihtiyaçları ve prensipleri üzerine özelleştirilmiş yeni proje yönetim sistemleri ortaya çıkarmıştır. Gereksinimleri karşılayan, optimum bütçe ve zaman kullanımı sağlayan işler ancak iyi bir proje yönetim sistemi seçerek sağlanabilmektedir. İşletmenin orta ve uzun vadedeki hedeflerine ulaşabilmesinde, tasarlanan projelerin başarıya ulaşabilmesi için proje yönetiminden etkin bir şekilde faydalanılmalıdır. Proje yönetimi, projelerin hedeflerine ulaşması için proje faaliyetlerinin planlanması ve kontrol edilmesinde yardımcı olmaktadır. Proje yönetimi amaç, zaman maliyet, ve kalite gibi unsurları göz önünde bulundurarak, proje ömrü boyunca insan, malzeme gibi kaynakların optimum seviyede kullanılmasına katkı sağlar. Her proje yönetim sürecinin kendine özgü öncelikleri olabilmektedir. Bu yüzden, proje yönetim sürecinin başarıyla sürdürülebilmesi için uygun sistemin seçilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, dokümantasyon zorunluluğu, zaman yönetimi, geri bildirim ve değişikliğe açıklık, ekip çalışması ve iş birliği, proje elemanı kapasitesi, kaynak kullanımı, risk analizi ve anlaşılabilirlik, uygulanabilirlik, güvenilirlik olmak üzere 8 kriter ve şirket isteği doğrultusunda 4 proje yönetim sistemi belirlenmiştir. Bu sistemler, Waterfall ve sektörde yaygın olarak kullanılan Agile proje yaklaşımına bağlı proje yönetim sistemlerinden Scrum, Kanban, XP olarak belirlenmiştir. Çalışmada önerilen metodoloji, bütünleşik bulanık AHP ve bulanık MAIRCA yöntemleridir. Bulanık AHP yöntemi ile kriterlerin önem ağırlıkları, bulanık MAIRCA ile en iyi alternatifin seçimi yapılmıştır. Bulanık AHP yöntemi yazında sıkça tercih edilmesine karşın bulanık MAIRCA örnekleri kısıtlıdır. Bu çalışma ile de yazına katkı sağlayacağı umulmaktadır. Bulanık AHP yönteminde dokümantasyon zorunluluğu, en önemli kriter olarak görülürken, anlaşılabilirlik, uygulanabilirlik ve güvenilirlik diğer kriterlere göre en az öneme sahip kriter olarak bulunmuştur. İşletmelerin doğru dokümantasyon sistemleri ile, zaman ve mali kayıpların önüne geçmesi beklenmektedir. Ayrıca, işletmenin üretkenliği, iş birliği ve uyum artırılabilir, dokümanlar güvence altına alınabilir en önemlisi de geriye dönüşler ile süreçler büyük ölçüde hızlandırılabilir. Elde edilen sonuçlara göre, dokümantasyon zorunluluğu en önemli faktör olarak ortaya çıkmıştır. Dokümantasyon, kelime olarak belgelendirme anlamına gelir. Bir konuyu veya projeyi belgelere dayandırarak gelecek kuşaklara, kişilere aktarımını sağlamak olarak ifade edilebilir. Para, zaman israfına sebebiyet vermemek için dokümantasyon sisteminin önemi açıkça görülmektedir. Sistemle birlikte hem bilgi kayıt altına alınır hem de gelecek dönemde çalışacak ekip arkadaşlarına yardımcı olunabilir. Ayrıca, dokümantasyon sistemlerinin basit, açıklayıcı ve anlaşılır

olmasına özen gösterilmelidir. Bulanık MAIRCA yönteminde ise en önemliden en az önemliye göre sıralama yapıldığında, firmanın proje yönetim sürecine en uygun cevap verebilecek Scrum, Kanban, XP ve Waterfall sıralaması olarak elde edilmiştir. Scrum metodolojisinde kriterler karşılaştırıldığında, dokümantasyon zorunluluğu, zaman yönetimi, geri bildirim ve değişime açıklık, kaynak kullanımı, anlaşılabilirlik, uygulanabilirlik ve güvenilirlik kriterlerinin aynı öneme sahip olduğu diğer üç kriter olan ekip çalışması ve iş birliği, proje eleman kapasitesi, risk analizi faktörleri ile arasında önem açısından az fark bulunduğu görülmektedir.

Müşteri beklentilerine hızlı geri dönüş, değişim sürecine hızlı adaptasyon, , kısa sürede markete çıkma, test süreçlerini daha hızlı bir şekilde gerçekleştirme, uygulamanın sürekli çalışır olması, birimler arası etkileşim, gibi avantajlarından dolayı Scrum Metodunun tercih edilmesi önerilmektedir. Ancak projeye başlamadan önce Scrum sürecinin tüm ekip tarafından benimsenmesi ve iş birliği içinde hareket edilmesi, süreci etkin yönetebilecek nitelikli proje elemanı temini ve karşılaşılabilecek risklere yönelik önlemler alınması büyük önem arz etmektedir. Scrum, Kanban, XP proje sistemleri kendi aralarında karşılaştırıldığında ise, aralarında çok az bir fark görülmektedir. Bunun sebebi, bu sistemlerin tümü Agile proje yaklaşımına bağlıdır. Agile yaklaşımı temelinde, müşteri odaklılık, hızlı yineleme iş birliği gibi birçok prensip ortaktır. Dijital dönüşüm sürecinde, Scrum ve Kanban gibi çevik metodolojiler iş akışını yönetebilir, görevleri önceliklendirebilir ve dijital dönüşüm girişimi boyunca ilerlemeyi izleyebilir. Özetle, yazılım sektöründe dijital dönüşüm sürecinde proje yönetim sistemi seçiminde Agile yaklaşımının benimsenmesi ile fırsatlar daha iyi yönetebilir, müşterilere değer sunma yeteneklerini geliştirebilir, esnek yapı ile pazardaki yeni teknolojilere uyum arttırılabilir, birimler arası işbirliği geliştirilebilir, sürekli iyileştirmeyi teşvik ederek verimlilik arttırılabilir.

Gelecek dönemdeki çalışmalarda, önerilen model kapsamı genişletilerek, sektördeki birden fazla firma görüşü alınarak model güvenilirliği sağlanabilir. Yapılan çalışma ve incelemeler sonucunda, her ne kadar söz konusu projede Scrum proje yönetim sistemi metodolojisinin seçilmesine karar verilmişse de, her proje için ilgili yöntemlerin tekrardan yapılması gerektiği unutulmamalıdır. Her projenin gereksinimleri, bulunulan koşullar, çalışan profili vb. farklılık göstermekte, bu da doğrudan metodoloji seçimini etkilemektedir. Proje yöneticileri ihtiyaçları ve proje kapsamı ile ilgili analizleri değerlendirmeli ve en uygun proje yönetim metodolojisini seçmelidir.

Araştırmacıların Katkısı

Bu araştırmada; Emine Elif Nebati problemin tanımlanması, literatür taraması, makale yazımı, analizlerin gerçekleştirilmesi ve yorumlanmasında, metnin gözden geçirilmesi ve revizyonların gerçekleştirilmesi konularında katkı sağlamıştır.

Çıkar Çatışması

Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

Akar, G. S. ve Çakır, E. (2016). Lojistik Sektöründe Bütünleştirilmiş Bulanık AHP-MOORA Yaklaşımı ile Personel Seçimi. *Journal of Management and Economics Research*, 14(2),185-199. <https://dergipark.org.tr/en/pub/yead/issue/21832/234733>

Alma, B., Coşkun, E. ve Uğur, N.G. (2016). Comparison of Traditional Project Management Techniques and Critical Chain Project Management for Management Of Information Technology and Information System Projects. *Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi*, 2(2), 202-212. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ybs/issue/27323/287652>.

Ayadi, H., Hamani, N., Kermad, L. ve Benaissa, M. (2021). Novel Fuzzy Composite Indicators for Locating a Logistics Platform Under Sustainability Perspectives. *Sustainability*, 13(7), 3891. <https://doi.org/10.3390/su13073891>.

Aydiner, A. S., Esen, M. F. ve Özlü, E. (2020). Türkiye’de Çevik Yazılım Geliştirme Süreçlerinde Scrum Yöntemini Uygulayan İşletmelerin Başarı Faktörleri. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*. 13(4), 463-477. <https://doi.org/10.17671/gazibtd.598346>.

Bali, Ö. ve Gencer, C. (2005). "AHP, Bulanık AHP ve Bulanık Mantıkla Kara Harp Okuluna Öğretim Elemanı Seçimi." *Journal of Defense Sciences*, 4(1), 24-43. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/khosbd/issue/19238/204413>.

Başak, D. (2020). IT Yazılım Sektöründe Agile Scrum Proje Yönetimi Uygulaması. Uluslararası Bir Proje Örneği. Yüksek lisans tezi, Bahçeşehir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul. https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/592226/yokAcikBilim_10323301.pdf?sequence=-1.

Borandağ, E. ve Yücalar, F. (2020). Artırılmış Gerçeklik ile Scrum Task Board Uygulaması. *Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri ve Bilgisayar Bilimleri Dergisi*, 4(1), 1-12. <https://doi.org/10.33461/uybisbbd.652366>.

Boral, S., Howard, I., Chaturvedi, S. K., McKee, K. ve Naikan, V.N.A. (2020). An İntegrated Approach for Fuzzy Failure Modes and Effects Analysis Using Fuzzy AHP and Fuzzy MAIRCA. *Engineering Failure Analysis*, 108, 104195. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2019.104195>.

Chang, D. Y. (1996). Applications of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95, 649-655. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(95\)00300-2](https://doi.org/10.1016/0377-2217(95)00300-2).

Coşkun, O. ve Ekmekçi, İ. (2012). Bir inşaat Projesinin Evreleri ile Zaman ve Maliyet Analizinin Proje Yönetim Teknikleri Vasıtasıyla İncelenmesi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(20), 39-53. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ticaretfd/issue/21360/229122>.

Çalık, A. (2021). Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Yeşil Tedarik Zincirindeki Risklerin Karşılaştırılması. *Journal of Turkish Operations Management*, 5(2), 822-838. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1635196>.

Çalışkan, D., Yavuz, A., Doğan, B. ve Çalış, B. (2021). Türkiye'de Çevik ve Klasik Yazılım Geliştirme Metodolojilerine Dair Kapsamlı Bir Değerlendirme. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(1), 149-159. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.688978>.

Çubukcu, A. (2020). Use of Agile and Open Innovation Approaches In Executing The Projects: A Field Study On Project Managers. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(3), 692-702. <https://doi.org/10.21923/jesd.706449>.

Elibol, M. ve Erol, Ç.S. (2017). Scrum metodu Kullanılarak Bir Mobil Uygulama Geliştirme Sürecinin Gerçekleştirilmesi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(2), 169-176. <https://doi.org/10.17671/gazibtd.309299>.

Erdem, O. A. ve Younis, A. (2014). Yazılım Projelerinin Geliştirme Sürecinde Yönetim. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 7(1), 1-9. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gazibtd/issue/6630/87998>.

Eren, T., Hamurcu, M. ve Dinç, S. (2018). Kentsel Ulaşım İçin Alternatif Tramvay Araçlarının Çok Kriterli Seçimi. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(2), 124-135. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/gmbd/issue/38877/428117>.

Eren N.L (2022).Proje Yönetiminde Dijital Dönüşüm Süreçleri İçin Bir Bulanık ÇKKV Modeli Önerisi. (Yüksek lisans tezi). Hacettepe Üniversitesi, Ankara. <https://avesis.hacettepe.edu.tr/yonetilen-tez/ad56bd71-0e15-4327-b92e-f7eb52163286/proje-yonetiminde-dijital-donusum-surecleri-icin-bir-bulanik-ckkv-modeli-onerisi>

Gencer, C. ve Kayacan, A. (2017). Yazılım Proje Yönetimi: Şelale Modeli ve Çevik Yöntemlerin Karşılaştırılması. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(3), 335-352. <https://doi.org/10.17671/gazibtd.331054>.

Gul, M., Mete, S., Serin, F. ve Celik, E. (2021). Fine-Kinney-Based Fuzzy Multi-Criteria Occupational Risk Assessment. Cham, Switzerland: Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-52148-6>

Gul, M. ve Ak, M. F. (2020). Assessment of occupational Risks From Human Health And Environmental Perspectives: A New Integrated Approach and Its Application Using Fuzzy BWM and Fuzzy MAIRCA. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 34(8), 1231-1262. <http://hdl.handle.net/20.500.12566/880>.

Ismail, M. F. B. ve Mansor, Z. (2018). Agile Project Management: Review, Challenges And Open Issues. *Advanced Science Letters*, 24(7), 5216-5219. <https://doi.org/10.1166/asl.2018.11705>.

Kaçtıoğlu, S., Keskinçilic, M. ve Kahveci, F. (2019). Yazılım Kalitesi Faktörü Olarak Yazılım Güvenliğinin Öğrenci Bilgi Sisteminde RIPS ile Testi ve ARAS ile Değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 33(4), 1261-1278. <https://dergipark.org.tr/pub/atauniiibd/issue/49762/595161>.

Kadenic, M. D., Koumaditis, K. ve Junker-Jensen, L. (2023). Mastering Scrum with a Focus on Team Maturity and Key Components of Scrum. *Information and Software Technology*, 153, 107079. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2022.107079>.

Kahraman, C., Cebeci, U. ve Ruan, D. (2004). Multi-Attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey. *International Journal Of Production Economics*, 87(2), 171-184. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(03\)00099-9](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00099-9).

Karakış, E. (2019). Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS ile Bütünleşik Karar Destek Modeli Önerisi: Özel Okullarda Öğretmen Seçimi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (53), 112-137. <https://doi.org/10.18070/erciyesiibd.414655>.

Marnada, P., Raharjo, T., Hardian, B. ve Prasetyo, A. (2022). Agile Project Management Challenge in Handling Scope and Change: A Systematic Literature Review. *Procedia Computer Science*, 197, 290-300. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.12.143>.

Majumdar, A., Sinha, S. K., Shaw, M., & Mathiyazhagan, K. (2020). Analysing the vulnerability of green clothing supply chains in South and Southeast Asia using fuzzy analytic hierarchy process. *International Journal of Production Research*, 1-20. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1708988>.

Ömürbek, N., Makas, Y. ve Ömürbek, V. (2015). AHP ve TOPSIS Yöntemleri ile Kurumsal Proje Yönetim Yazılımı Seçimi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (21), 59-83. <https://dergipark.org.tr/en/pub/sbe/issue/23146/247242>.

Özcan, B. ve Büçğün, R. (2021). Project Management Application in a Bluetooth Product Firm. *AURUM Journal of Engineering Systems and Architecture*, 5 (2), 165-179. <https://doi.org/10.53600/ajesa.747192>.

Sanchez, F., Monticolo, D., Bonjour, E. ve Micaelli, J. P. (2018). Use of Bayesian Network Characteristics to Link Project Management Maturity and Risk of Project Overcost. *International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS)*, (420-426). <https://doi.org/10.48550/arXiv.2009.09828>

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2017). The Scrum Guide™. Scrum.Org. <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-US.pdf>

Şahin, Ö., & Ayvaz, B. (2020). Otomotiv sanayiinde tedarikçi performans değerlendirmesi için bir model önerisi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 19(37), 81-100. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1274387>

Seçme, N. Y. ve Özdemir, A. İ. (2008). Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile Çok Kriterli Stratejik Tedarikçi Seçimi: Türkiye örneği. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 22(2), 175-191. <https://dergipark.org.tr/pub/atauniiibd/issue/2694/35467>.

Peker, T.M. (2022). İş süreçlerinin dijital dönüşümünde proje seçimi ve önceliklendirmesi için bir model önerisi. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=qn5bHTboF0XuwATSvA3t6Q&no=uFWtqTLCH49-nFsQGvjfg>

- Tayyar, N. (2012). Pet Şişe Tedarikçisi Seçiminde Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS Yaklaşımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(3),351-371. <https://dergipark.org.tr/pub/sduiibfd/issue/20820/222830>.
- Tiryaki, A. M. (2021). Yaygın Kullanılan Çevik Yöntemlerin Küçük Ölçekli Bir Uygulamanın Geliştirilmesi Sürecinde Değerlendirilmesi Üzerine Bir Çalışma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (24), 385-391. <https://doi.org/10.31590/ejosat.902178>.
- Wang, X., Chan, H. K., & Diaz-Rainey, I. (2012). A two-stage fuzzy-AHP model for risk assessment of implementing green initiatives in the fashion supply chain. *International Journal of Production Economics*, 135(2), 595–606. <https://doi.org/10.1016/J.IJPE.2011.03.021>.
- Wysocki, R. K. (2014). *Effective Project Management: Traditional, Agile, Extreme*. Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Effective+Project+Management:+Traditional,+Agile,+Extreme,+7th+Edition-p-9781118729168>
- Yücalar, F. ve Borandağ, E. (2019). Yazılım Projelerinde Kalitenin Arttırılması: TMMi. *AURUM Journal of Engineering Systems and Architecture*, 3(2), 143-152. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ajesa/issue/52409/517250>.
- Yıldızbaşı, A. ve Çalık A. (2021). Üretim Sektöründeki KOBİ'lerin Teknoloji Olgunluk Düzeylerinin Bulanık MAIRCA Metodu ile Değerlendirilmesi. B. Erdebilli ve M. Kabak içinde, *Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri: MS Excel ve Software Çözümlü Uygulamalar* (s. 442-453). Nobel Yayıncılık. <https://www.nobelyayin.com/bulanik-cok-kriterli-karar-verme-yontemleri-ms-excel-ve-software-cozumlu-uygulamalar-17607.html>