



An application on the use of fuzzy multi criteria decision making methods for software project development process selection

İbrahim Yel^{1*}, Mehmet Emin Baysal²

¹Architect Information Systems, 34906, İstanbul, Türkiye

²Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Konya Technical University, 42250, Konya, Türkiye

Highlights:

- Right projects assignments to the right employees.
- Taking into account of software development process methods.
- Comparison with real data and the results of the case study. Reducing defect caused efforts and increased productivity.

Keywords:

- Fuzzy MCDM
- Software Development Projects
- Agile Method
- Traditional Method
- Neutrosophic Z Numbers

Article Info:

Research Article

Received: 18.06.2022

Accepted: 05.11.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1132638

Correspondence:

Author: İbrahim Yel

e-mail:

ibrahimyel@gmail.com

phone: +90 544 245 5502

Graphical/Tabular Abstract

Software development projects are difficult to manage, as they involve complex business stages and the resources used are made up of real people. Along with the specifications of the projects, organizational variables and the competencies of the team members are among the factors that will directly affect the success of the project. It is thought that the success of software development projects will increase with the use of these three factors in the solution of the software development process method selection problem. In the management of software projects, different process methods are used, including "Agile and Waterfall (Traditional) Methods". It is important to assign development teams to projects according to their abilities and to rank the projects among themselves. As a first step in this study, the weights of the criteria were determined using the fuzzy AHP. Then, fuzzy WASPAS, fuzzy EDAS and Interval Neutrosophic Z Numbers (NZN) methods were used to rank projects and employees.

Guided by the summary information above, this study can be described as a step taken towards increasing efficiency and accelerating value production in the IT sector through the definition of the problem discussed. As a result, it is seen that the application of different MCDM methods for the same problem gives more effective results when compared to real data. The assignments for fuzzy WASPAS, fuzzy EDAS, and NZN are based on the average of the number of defects produced by actual workers per 1 person-day, and the probable number of defects and resolution times for defects are calculated. Comparison of actual values of current assignments with fuzzy WASPAS, fuzzy EDAS and NZN assignment results is given in Table A.

Table A. Comparison of results

Comparison Variables	Current	NZN	Ratio	Fuzzy EDAS	Ratio	Fuzzy WASPAS	Ratio
Defect Count	162	152	6%	153	6%	156	4%
Defect Fixing Person-Day Count	559	509.9	8.7%	515.7	8%	529.3	5%

Purpose:

This study aimed to investigate the effects of software development projects on the number of errors by evaluating the projects, employees, and making these evaluations through software development SDLC processes by using MCDM methods on the low success rate in the reports prepared by international research institutions such as CHAOS and how the success rate can be increased.

Theory and Methods:

It is predicted that if software development projects and employees are evaluated on the basis of software development process method and the right jobs are assigned to the right people, there will be a decrease in the recorded defects. AHP, EDAS, WASPAS and NZN methodologies were applied on the selected problem as fuzzy MCDM methods in the above-mentioned Purpose.

Results:

According to the NZN, the actual error resolution time, which was 559, could be reduced by 8.7% to 509.9. For fuzzy EDAS, the time spent for defects decreased from 559 person-days to 515.7, reducing by 8%. For fuzzy WASPAS, it has been calculated that, 5% improvement in the person-day value spent for solving the defects, it can be reduced to 529.3.

Conclusion:

It should be taken into account that the number of defects and solution times will decrease and the motivation of the employees will increase throughout the project by assigning the employees to the projects that are suitable for their abilities. It is thought that this result can be reached with this study.



Yazılım projeleri geliştirme süreci seçimi için bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanımına ilişkin bir uygulama

İbrahim Yel^{1*}, Mehmet Emin Baysal²

¹Architect Bilişim Sistemleri, 34906, İstanbul, Türkiye

²Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 42250, Konya, Türkiye

ÖNEÇİKANLAR

- Yazılım geliştirme projelerinin çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri üzerinden değerlendirilmesi
- Kişi-proje atamalarında, süreç bilgisinin de dâhil edilerek ÇKKV çıktılarının kullanılması
- Atamaların gerçek veriler üzerinden etkinliğinin analiz edilmesi

Makale Bilgileri

Araştırma Makalesi

Geliş: 18.06.2022

Kabul: 05.11.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1132638

Anahtar Kelimeler:

Yazılım geliştirme projeleri,
bulanık ÇKKV,
çevik yöntem,
geleneksel yöntem,
nötrosofik Z sayıları

ÖZ

Yazılım geliştirme projelerinin yönetilmesi, karmaşık iş adımlarını içermesi ve kullanılan kaynakların gerçek kişilerden oluşması nedeniyle zordur. Projenin kendi özellikleri ile birlikte organizasyonel değişkenler ve geliştirici ekibin yetkinlikleri, projenin başarısını doğrudan etkileyecek faktörler arasındadır. Yazılım geliştirme süreç yöntem seçimi probleminin çözümünde bu üç faktörün kullanılması ile yazılım geliştirme projelerinin başarısının artacağı düşünülmektedir. Yazılım projelerinin yönetiminde "Çevik ve Şelale (Geleneksel) Yöntemler" dâhil olmak üzere farklı süreç yöntemleri kullanılmaktadır. Geliştirme ekiplerinin yeteneklerine göre projelere atanması ve projelerin kendi aralarında sıralanması önemli bir noktadır. Bu çalışmada ilk adım olarak, bulanık AHS yöntemi kullanılarak kriterlerin ağırlıkları belirlenmiştir. Daha sonra projelerin ve çalışanların sıralanmasında bulanık WASPAS, bulanık EDAS ve Aralık Değerli Nötrosofik Z Sayıları (NZN) yöntemleri kullanılmıştır. Bu araştırmanın sonuçlarına göre, yazılım geliştirme yöntemi kararının uygulanması halinde hata sayısı ve çözümlerinin kişi-gün değerleri gerçek değerler ile durum analizlerine ait sonuçlar da dâhil edilerek kıyaslandığında sırasıyla %4,2-%6; %5,8-%7,3 ve %6,8-%9,7 oranlarında iyileştirilebileceği tespit edilmiştir.

An application on the use of fuzzy multi criteria decision making methods for software project development process selection

HIGHLIGHTS

- Evaluation of software development projects through multi-criteria decision making (MCDM) methods
- Using MCDM outputs, including process information, in person-project assignments
- Analyzing the effectiveness of assignments based on real data

Article Info

Research Article

Received: 18.06.2022

Accepted: 05.11.2022

DOI:

10.17341/gazimmfd.1132638

Keywords:

Software development
projects,
fuzzy MCDM,
agile method,
traditional method,
neutrosophic Z numbers

ABSTRACT

Software development projects are difficult to manage, as they involve complex business stages and the resources used are made up of real people. Along with the specifications of the projects, organizational variables and the competencies of the team members are among the factors that will directly affect the success of the project. It is thought that the success of software development projects will increase with the use of these three factors in the solution of the software development process method selection problem. In the management of software projects, different process methods are used, including "Agile and Waterfall (Traditional) Methods". It is important to assign development teams to projects according to their abilities and to rank the projects among themselves. As a first step in this study, the weights of the criteria were determined using the fuzzy AHP. Then fuzzy WASPAS, fuzzy EDAS and Interval Neutrosophic Z Numbers (NZN) methods were used to rank projects and employees. According to the results of this research with sensitivity analysis, it has been determined that if the software development method decision is implemented, the number of defects and their solutions can be improved by 4.2%-6%, 5.8%-7.3% and 6.8%-9.7% when compared to the actual values of person-day values.

*Sorumlu Yazar/Yazarlar / Corresponding Author/Authors : *ibrahimyel@gmail.com, mebaysal@gmail.com / Tel: +90 544 245 5502

1. Giriş (Introduction)

Yazılım geliştirme projeleri, kişilere bağımlı olan, gelecekteki ihtiyaçları şimdiden karşılayabilecek algoritmalar üzerinden kodlamalar ile başarı oranı ve kalitesi artan proje tipidir. Projelerin doğru süreç yöntemi ile doğru ekiplere/çalışanlara atanması, projelerin maliyet, zaman ve kapsam açısından başarıya ulaşmasını sağlayacak anahtar faktördür. CHAOS kuruluştan tarafından yazılım geliştirme projelerinde çevik ve geleneksel başarı yöntemleri konusunda yapılan araştırma sonuçları projelerin başarılı sonuçlanması alanında bazı istatistikleri içermektedir. Bu raporun 2018 verilerine göre orta ölçekli projeler için çevik ve geleneksel yöntemlerin sırasıyla %31 ve %19 başarı oranlarına sahip olduğu ifade edilmiştir [1]. Yazılım projelerinin başarılı bir şekilde sonuçlanmasında kullanılacak yöntemin, projelerin özelliklerine ve ekibin yetkinliklerine uygun olarak belirlenmesi faydalı olacaktır. Bu varsayımın bulanık mantık temelli karar verme yöntemleri ile atama probleminin uygulanmasının nasıl sonuçlanacağını cevabı, bu çalışmada aranmaktadır.

Son yıllarda yapılan çalışmalar incelendiğinde, bulanık EDAS, bulanık WASPAS ve NZN yöntemleri ile yazılım geliştirme projelerinin sınıflandırılması ve bu sınıflandırmalara göre ekip üyelerinin atanması problemlerini birlikte ele alan çalışmalar oldukça nadirdir.

Bu çalışmada yazılım geliştirme projeleri alanında bulanık EDAS, bulanık WASPAS ve NZN, projeleri geliştirecek çalışanların yetkinliklerine göre kriterlerin değerlendirilmesinde, sonrasında süreç yöntemi temelli kıyaslamada kullanılmıştır. Bu özelliği ile çalışma, alanında özel bir örnek teşkil etmektedir. Yel vd. [2] tarafından yapılan çalışmada bulanık EDAS ve bulanık WASPAS çok kriterli karar verme yöntemleri üzerinden bu makaleye konu olan problem tartışılmıştır. Bulanık EDAS yöntemi ile elde edilen test verilerine dayanarak daha az sayıda hata ile çıktı verecek şekilde proje-ekip atamasının sağlandığı tespit edilmiştir. Bu makalede ise, Yel vd. [2] tarafından yapılan çalışmaya ek olarak NZN yönteminin ele alınan problemin çözümündeki etkinliği araştırılmıştır. Çalışma kapsamında, doğru projenin doğru ekibe atanması ile doğru yazılım geliştirme yöntemi seçiminin sonuçlarına ulaşılmıştır.

Ayrıca literatürde yazılım geliştirme yöntemlerinin belirlenmesine yönelik kriterlere ait çalışmalar bulunurken, bu kriterlerin bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ile seçimini vaka analizi ile birlikte içeren az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle yazılım geliştirme yöntem seçimi alanında çok kriterli bulanık karar verme yöntemlerinin kullanılması bu çalışmanın özgün kısmını oluşturmaktadır.

Yazılım geliştirme yöntemlerinden ilki, aşamalardan geçerek ilerleyen itme sistemini ifade eden ve ürünü nihai teslimat ile müşteriye sunan Şelale (Geleneksel) yöntemidir. İkincisi ise müşteriye hızlı teslimat, çekme sistemi ve kısa aralıklarla esnek yönetimi benimseyen Çevik yöntemdir. İlerleyen başlıklarda konu ile ilgili literatür araştırması, kullanılan ÇKKV yöntemlerine ait bilgiler, vaka çalışmasının yöntemler üzerinden sonuçları, kıyas ve açıklamaları içeren tartışma bölümü ve sonuçların yorumlandığı bölüm yer almaktadır.

2. Literatür Araştırması (Literature Research)

Literatür incelendiğinde yazılım projelerinin yönetiminde, bulanık mantıkla karar verme yöntemlerini içeren veya diğer yöntemleri içeren çalışmalarda genellikle risk değerlendirmesine ağırlık verildiği görülmektedir. Yapılan çalışmalar sistematik bir şekilde aşağıda

sunulmaktadır. Salarian ve Rashidi, kapsamlı bir literatür araştırması yaparak özetle, hiyerarşiye sahip çok seviyeli bir risk değerlendirme yöntemi için risk faktörlerinin tanımlanması ve mevcut verilerdeki belirsizliklerin risk değerlendirme modellerine aktarılması aşamasında bulanık tabanlı karar tekniklerinin daha gerçekçi sonuçlar verebileceğini belirtmişlerdir [3]. Suresh ve Dillibabu (2020), yazılım geliştirme projelerinin risklerini daha iyi değerlendirmek için bulanık DEMATEL, uyarlanabilir nöro-bulanık çıkarım sistemi tabanlı çok kriterli karar verme (ANFIS MCDM) ile sezgisel bulanık tabanlı TODIM (IF-TODIM) yaklaşımlarını kullanarak karma bir model geliştirmiştir. Literatürdeki diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında, kendi yöntemlerinin çizelgeleme, ürün, personel, platform, süreç ve yeniden kullanılabilirlik kriterleri ile daha iyi risk yönetimi sunduğunu ifade etmişlerdir [4]. Yazılım projelerinde risk yönetimi ile ilgili bir başka çalışmada, yazılım mühendisliğinde proje geliştirme süreçleri risk sürdürülebilirliğinin yönetimi açısından incelenmiştir. Girdi verilerindeki belirsizlik karşısında, bir yazılım projesinin süreçlerindeki kalite risklerini azaltmaya yönelik yaklaşımları standartlaştırmak ve riske dayalı proje sürdürülebilirlik ilkelerini oluşturmak için çaba gösterildiği belirtilmiştir [5]. Sangaiah vd. yazılım projelerindeki risk değerlendirmesini, gereksinimler, tahmin, planlama, ekip organizasyonu ve proje yönetimi dâhil olmak üzere 22 alt risk değerlendirme kriteri ile analiz etmiştir. Bulanık DEMATEL-FMCDM-TODIM yöntemlerinden oluşan karma karar yöntemi geliştirmişlerdir. Bu yöntem ile OMRON veri tabanında yer alan 40 projeyi değerlendirmişlerdir [6]. Yaghoobi, yazılım projelerinin temel amacını sınırlı kaynaklarla müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak etkili ve verimli projeler yapmak olarak tanımlamıştır. Daha sonra bu amaç için anahtar performans göstergelerinin sıralanmasında bulanık AHS yöntemini kullanmıştır. 22 uzman tarafından seçmiş oldukları kriterler değerlendirilerek, etkin proje yönetimi metodolojisi, iyi tanımlanmış gereksinimler ve özellikler, proje yöneticisi ile etkin iletişim, doğru planlama, kriterlerinin öne çıktığı ifade etmişlerdir [7].

Bir projede yer alacak çalışanların yetkinlikleri ne kadar fazla ise projenin başarılı sonuçlanma ihtimali o kadar fazla olacaktır. Projede görev alacak ekip üyeleri ve çalışanlar kapsamında yürütülen akademik çalışmalar incelendiğinde genel olarak yetkinlik kriterlerine odaklandıkları görülmektedir. Yapılan bir çalışmada yetenek ve yetenek yönetimi alanlarında bulanık ÇKKV yöntemleri üzerinden işgücü atamasına yönelik problem çözümü gerçekleştirilmiştir [8]. Yapılan bir diğer çalışmada, endüstri mühendislerinin işe alım sürecinde, bulanık AHS ile kriter ağırlıkları belirlenmiş ve bulanık TOPSIS ile adaylar sıralanmıştır. Bu çalışmada yazarlar, analitik düşünme, etkili zaman yönetimi, ekip çalışması, yaşam boyu öğrenme ve öğrenme yeteneği gibi yetkinlikleri kriter olarak tanımlamışlardır [9]. Diğer bir çalışmada belediye çalışanlarından 100 kişilik bir grup üzerinde bulanık AHS ile performans kriterleri ağırlıklandırılarak, bulanık TOPSIS ile de bu ağırlıklara göre performans değerlendirilmesi yapılmıştır [10]. Başka bir çalışmada ise terfi ettirilecek doğru kişinin seçimi problemi, bulanık AHS ile kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesi, Gri İlişkisel Analiz yöntemi ile kendi aralarında değerlendirilmesi ve sonrasında çalışanların sıralanması ile çözülmüştür [11]. Çalışanlar arasından en iyi adayın seçilmesine bir diğer literatür araştırması örneğinde ise staj ve stajyer öğrencilerden hangisinin işe alınacağına karar vermek için bulanık AHS yöntemi kullanılmıştır. Kişisel özelliklere ait kriterler arasında analitik düşünme, sorumluluk alma, verimli çalışma gibi yetkinlik tanımları yer almaktadır [12]. Diğer bir çalışmada bulanık AHS ile kriterlerin ağırlıkları bulunduktan sonra karar verme sürecinde bulanık Gri İlişkisel Analiz yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada tanımlanan yetkinlikler arasında ekip çalışmasına uygunluk kriteri de yer almaktadır [13]. Salgın hastalık döneminde, yakın zamanda yapılan bir başka çalışmada ise akademik veya eğitim kurumlarının öğrenciler

açısından değerlendirilmesi bulanık Mamdani yöntemi ile yapılmıştır. Bu çalışmada yer alan kriterler, kurs organizasyonu ve hazırlığı, farklı öğrenme tekniklerinin kullanımı, öğrencilerle iletişim ve disiplin becerisi gibi maddeleri içermektedir [14]. Başka bir çalışmada ise bulanık yöntemlerin personel seçim problemlerindeki faktörlerin ölçülmesindeki belirsizliklerin dilsel değişkenler ile aşılabileceğine vurgu yapılarak, terfi alacak olan aday seçiminde bulanık AHS yöntemi kullanılmıştır [15].

Bulanık EDAS yöntemi ile ilgili son yıllarda birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan Ar-Ge projelerini seçme probleminin nitel ve nicel kriterleri içerdiği için karmaşık bir problem olduğunu savunan Kaş ve Kundakçı, sözel değişkenlere dayalı kriterler ile 5 Ar-Ge projesi arasından en uygun proje seçimini yapmıştır [16]. Başka bir çalışmada, İstanbul'dan Hollanda'ya yük taşımacılığı alanında farklı taşıma alternatifleri arasından karar vermek için Görüntü Bulanık Sayılarla (PFN) bulanık EDAS yöntemi kullanılmıştır. Maliyet, zaman, güvenilirlik ve frekans kriterlerine göre deniz, demiryolu, hava ve karayolu alternatiflerini değerlendirmeye tabi tutan bu çalışmada, deniz yolunun diğer alternatiflere göre daha iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır [17]. Bulanık EDAS yöntemi farklı uzantıları ile literatürde yer almaktadır. Yanmaz vd. daha fazla esneklik sağlayan daha geniş bir üyelik alanı ile bulanık çok kriterli grup karar verme problemlerini çözmek için aralık değerli Pisagor bulanık sayıları kullanarak, araba seçimi probleminde EDAS yöntemini kullanmışlardır. Çalışmalarında kullandıkları Pisagor bulanık yönteminin, karar vericiler fikir beyan ederken daha esnek olduğu yorumunu yapmışlardır [18]. Li ve Wang, çalışmalarında kablosuz sensör ağının hizmet kalitesini değerlendirmek için algoritma araştırmasında aralık değerli sezgisel bulanık EDAS (IVIF-EDAS) yöntemini kullanmışlardır [19]. Bulanık AHS ile bulanık EDAS yöntemlerinin birlikte kullanıldığı bir başka örnekte, metalik biyomalzemelerin incelenmesi yapılmıştır. Malzemelere ait risk faktörlerinin önemleri sıralanarak malzemelerin objektif değerlendirilmesinin sağlandığı ifade edilmiştir [20].

Bulanık EDAS yöntemi gibi bulanık WASPAS yöntemi de son yıllarda literatürde kullanılan çok kriterli bir karar verme tekniğidir. Toklu vd., bulanık AHS ve bulanık WASPAS ile kaizen öneri sistemi değerlendirme modelini tanımlamışlardır. Öneri sisteminde, bulanık AHS ile kriter ağırlıkları belirlenmiş ve bulanık WASPAS ile yapılan değerlendirme sonuçları sıralamada kullanılmıştır [21]. Solanghi vd., Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynakları açısından benimsenebilecek en uygun seçeneği belirlemek için çalışma yürütmüştür. Delphi yöntemi ile 5 ana kriter ve 17 alt kriter belirlemiştir. Daha sonra, kriterleri bulanık AHS ile ağırlıklandırarak, bulanık WASPAS yöntemini de değerlendirme aşamasında kullanmışlardır. Türkiye'de en uygun yenilenebilir enerji kaynağının rüzgâr enerjisi olduğunu ifade etmişlerdir [22]. Agarwal vd., insani tedarik zinciri yönetimi engellerini belirlemeyi ve uygulama alanlarındaki engellerin aşılmasına katkıda bulunmayı amaçlamışlardır. Engelleri aşmak için bulanık SWARA ve bulanık WASPAS yöntemlerini kullanmışlardır. Analizlerinde, insani yardım operasyonları için uzun vadeli stratejik planlamanın gerekliliğini de vurgulamışlardır [23]. Son yıllarda yapılan bir başka çalışmada Sergi vd., vatandaş beklentilerini karşılamayı amaçlayan kamu hizmetlerini analiz etmişlerdir. Kriterleri maliyet, hızlı yanıt, erişilebilirlik, hizmet süresi, mevcut bilgi ve kalitedeki artış olarak tanımlamışlardır. Bulanık Z-AHS kullanarak kriter ağırlıklarını hesaplamışlardır. Değerlendirdikleri alternatifler arasında bulanık Z-WASPAS yöntemi üzerinden kamu hizmetlerinin dijitalleştirilmesinde en fazla önemin sağlık hizmetleri alanında olduğunu ifade etmişlerdir [24].

Literatürde karar verme problemlerinde Nötrosifik Z Sayılarının kullanımına ilişkin birçok çalışma bulunmaktadır. Z sayıları ilk olarak Zadeh [25] tarafından bulanık sayı çifti olarak tanımlanmıştır.

Nötrosifik Z sayı setleri, karar verme aşamasında doğruluk (T), belirsizlik (I) ve yanlışlık (F) bilgisine dayalı olarak insan değerlendirme sistemindeki belirsizlik ve hata kavramlarını matematiksel modele dâhil etmiştir. Jiang, Zhang [26] tarafından yapılan bir çalışmada, gerçek uygulama alanlarında yaygın olarak kullanılan tek değerli özel nötrosifik küme üzerinden aritmetik ortalamayı kullanarak pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözümü TOPSIS yöntemi üzerinden değerlendirmişlerdir. Du, Ye [27] aritmetik ortalama ve geometrik ortalama formüllerini bir problem üzerinde NZN tanımlarına uyarlayarak sonuçları birbiri ile kıyaslamışlardır. Bu karşılaştırmada normal NZN için tek bir değere odaklanıldığını ve güvenilirlik değerinin göz ardı edildiğini belirtmişlerdir. Güvenilirlik değerinin kullanılmasının sonuçların bilgi olarak ifade edilme derecesini ve güvenilirliğini artırdığını belirtmişler, ayrıca alternatiflerin sıralamalarının da değiştiğini tespit etmişlerdir. Ye [28], çalışmada benzerlik ölçüğü üzerinden karar vermenin önemini vurgulamıştır. NZN kümesinin benzerlik ölçümlerinin olmamasına dayanarak, mesafe ve benzerlik ölçümlerini kullanıp NZN kümeleri arasındaki ağırlıklı genelleştirilmiş mesafe, kosinüs ve kotanjant benzerlik ölçümlerini karşılaştırmıştır. Yong, Ye [29] yamuk nötrosifik sayıların nötrosifik Z sayılarıyla birleştirmişlerdir. Bu birleştirme işlemine kısaltılmış olarak TrNZN adını vermişlerdir. Sonuçlar benzerlik açısından sıralanırken ağırlıklı aritmetik ortalama ve ağırlıklı geometrik ortalama formülleri kullanılmıştır. Aralık değerli bulanık kümelerin kullanımına ilişkin bir diğer örnekte ise yazarlar, sezgisel bulanık kümelerle aralık değerli bulanık kümeler üzerinden ilişkileri ve dönüşüm işlemlerini araştırmışlardır. Sonuçta bulanık AHS ile TOPSIS üzerinden hastanede kullanılacak diz ameliyat robot seçimi probleminde de uygulamalarını tamamlamışlardır [30].

Literatürde NZN ile ilgili çok kriterli karar verme yöntemlerinin birlikte kullanılması üzerine yapılan çalışmaların sayısı da fazladır. Örneğin, Chi ve Liu [31] yaptıkları çalışmada aralıkli nötrosifik kümeleri TOPSIS yöntemi ile birleştirmişlerdir. Ayrıca bu çalışmada hesaplama adımlarını ve işlem sırasını detaylı olarak anlatmışlardır. Başka bir örnek olarak, Vafadarnikjoo, Tavana [32] BWM yöntemini nötrosifik sayılara genişletmiş ve BWM yöntemine dayalı yeni bir yöntem önermişlerdir. Bolturk ve Kahraman [33] yaptıkları çalışmada, nötrosifik kümelerin bir alt sınıfı olan, aralık değerli nötrosifik kümelere dayalı analitik hiyerarşi süreci (AHS) yöntemini genişleterek kosinüs benzerlik ölçümlerine dayalı aralık değerli nötrosifik AHS (IVN-AHS) yöntemini tanımlamışlardır. Bu yöntemin ikili karşılaştırma matrislerinde objektif bir puanlama işlemi sağladığını göstererek, enerji alternatiflerinin seçiminde bir uygulama sunmuşlardır.

Literatüre bakıldığında, bilgi teknolojileri alanında yürütülen projelerin gerek süreç (yöntem) bazında sınıflandırması gerekse bu sınıflandırma bazında ekiplerin yetkinlikleri dikkate alınarak projelerin atanması, bu öngörünün sonuçlarının ne olabileceği yönünde gerçek verilere dayanan çalışmanın, bildiğimiz kadarı ile olmadığı görülmüştür. Bu nedenle bu çalışmada bulanık ÇKKV yöntemlerinin avantajları da kullanılarak literatürdeki bu boşluğun doldurulması hedeflenmiştir.

3. Materyal ve Metot (Material and Method)

Vaka çalışması, Kuveyt Türk Katılım Bankası'nın 2020 yılında geliştirdiği yedi proje ve bu projelerin geliştirilmesinde görev alan beş analist ve sekiz yazılımcı kadrosu kapsamında yapılmıştır. Vaka çalışmasında kullanılan ölçekler Tablo 1'de verilmiştir. Bu çalışmada, Tablo 1'deki değerler üzerinden bulanık AHS için ölçek bilgisi ve karşılık gelen bulanık sayılar kullanılmıştır. Proje kriterlerinin ve ekip üyesinin değerlendirme kriterlerinin problem çözümleri tarafından değerlendirilmesi Bolturk ve Kahraman [33] tarafından yapılan çalışmada bulunan ölçek üzerinden yapılmıştır (Tablo 2).

Tablo 1. Bulanık dilsel ölçek[34] (Fuzzy linguistic scales)

Dilsel Terimler	Bulanık Sayılar	Bulanık AHS için Bulanık Sayılar
Çok Zayıf	(0, 0, 1)	(1/10, 1/9, 1/7)
Zayıf	(0, 1, 3)	(1/7, 1/5, 1/3)
Orta Zayıf	(1, 3, 5)	(1/5, 1/3, 1/1)
Uygun	(3, 5, 7)	(1, 1, 1)
Orta İyi	(5, 7, 9)	(1, 3, 5)
İyi	(7, 9, 10)	(3, 5, 7)
Çok İyi	(9, 10, 10)	(7, 9, 10)

Yedi projeye özel, projede görev alan çalışanlara açılan kusur kayıtları, test mühendisi tarafından yapılan testler sırasında tespit edilmiştir. Projede aktif olarak görev alan kişilere ve projenin kendisine adreslenmiş kusur kayıtları açılmıştır. Kusur, nedensel analize dayalı olarak tanımlanan, geliştirilen yazılımın, yazılım geliştirmeden sonra ve/veya devreye almadan, önceden tanımlanmış analize veya standart kalite kriterlerine uygun olmadığını gösteren bulguyu ifade eder.

Vaka çalışması kapsamında proje değerlendirme kriterleri, çalışan değerlendirme kriterleri ve sıralama için yapılan derecelendirmeler anket yoluyla, bilgi teknolojileri projelerinde en az beş yıl süreyle rol almış ve halen aktif bu sektörde kariyerine devam eden beş profesyonele gönderilmiş ve alınan derecelendirmeler Tablo 1'deki ölçek kullanılarak bulanık değerlere çevrilmiştir. Değerlendiricilerin değerlendirme sonuçları geometrik ortalama üzerinden birleştirilmiş ve hesaplamalarda kullanılmıştır. Şekil 1'de vaka çalışması kapsamında problemin ele alınma sıralaması modellenmiştir.

3.1. Bulanık AHS (Fuzzy AHS)

Bulanık AHS yöntemi, literatürdeki birçok çalışmaya benzer şekilde, karar kriterlerinin ağırlıklandırılmasında kullanılmıştır. Bu bağlamda Buckley [35] tarafından kullanılan geometrik ortalama yöntemi esas alınmıştır. Bu yöntem, literatürde sıklıkla kullanıldığı gibi, kriterler için grup değerlendirme sonuçlarının ağırlıklandırılmasında geometrik ortalamanın grup değerlendirmelerinde kullanımının etkin olması nedeniyle seçilmiştir. Yöntemin kullanım ve hesaplama sıralaması aşağıda adım adım yer almaktadır [36].

- Adım 1 : Grup kararlarının kriterlere göre karşılıklarının bulunması,
- Adım 2 : İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulması,
- Adım 3 : Geometrik ortalama formülü ile kriterlere ait bulanık geometrik ortalamanın ve bulanık ağırlıkların (w_j) bulunması,
- Adım 4 : Bulanık ağırlıkların Eş. 1 ile durulaştırılması ($l =$ düşük değer, $m =$ orta değer, $u =$ yüksek değer),

$$w_j = \frac{l(w_j)+m(w_j)+u(w_j)}{3}, j = 1,2,\dots,m \tag{1}$$

- Adım 5 : Bulunan değerlerin Eş. 2 formülü ile normalize edilmesi.

$$w_j^* = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^m w_j^*}, j = 1,2,\dots,m \tag{2}$$

3.2. Bulanık EDAS (Fuzzy EDAS)

Bulanık EDAS yöntemi ilk olarak Keshavarz Ghorabae vd. (2015) tarafından envanter sınıflandırmasında kullanılmıştır [37]. Çalışmamızda, Stevic vd. [38] tarafından tanımlanan 8 temel hesaplama adımı üzerinden bulanık EDAS yöntemi kullanılmıştır. Bu adımlar:

- Adım 1 : Ortalama karar matrisinin Eş. 3 matrisi üzerinden Eş. 4 ile oluşturulması,

$$X = [\check{x}_{kl}]_{n \times m}, \text{ 'k' alternatifleri 'l' ise kriterleri ifade eder.} \tag{3}$$

$$\check{x}_{kl} = \frac{1}{a} \oplus_{i=1}^a \check{x}_{kl}^i, (i=1,2,\dots,a : \text{ karar verici}) \tag{4}$$

- Adım 2 : Kriter ağırlık matrisinin Eş. 5 kullanılarak oluşturulması,

$$\check{w}_l = \frac{1}{a} \oplus_{i=1}^a \check{x}_l^i, \text{ 'w' kriter ağırlıklarını ifade eder.} \tag{5}$$

- Adım 3 : Ortalama çözüm matrisinin Eş. 6 sonucuna göre oluşturulması,

$$\check{a}\check{v}_l = \frac{1}{n} \oplus_{k=1}^n \check{x}_{kl}, \text{ 'av' ortalama çözüm değerini ifade eder.} \tag{6}$$

- Adım 4 : Fayda veya maliyet kriterini dikkate alarak, Eş. 9 sonucu ortalamadan pozitif uzaklık (PDA) ve Eş. 10 sonucu ortalamadan negatif uzaklık (NDA) değerlerinden oluşan matrislerin (Eş. 7 ve Eş. 8) belirlenmesi,

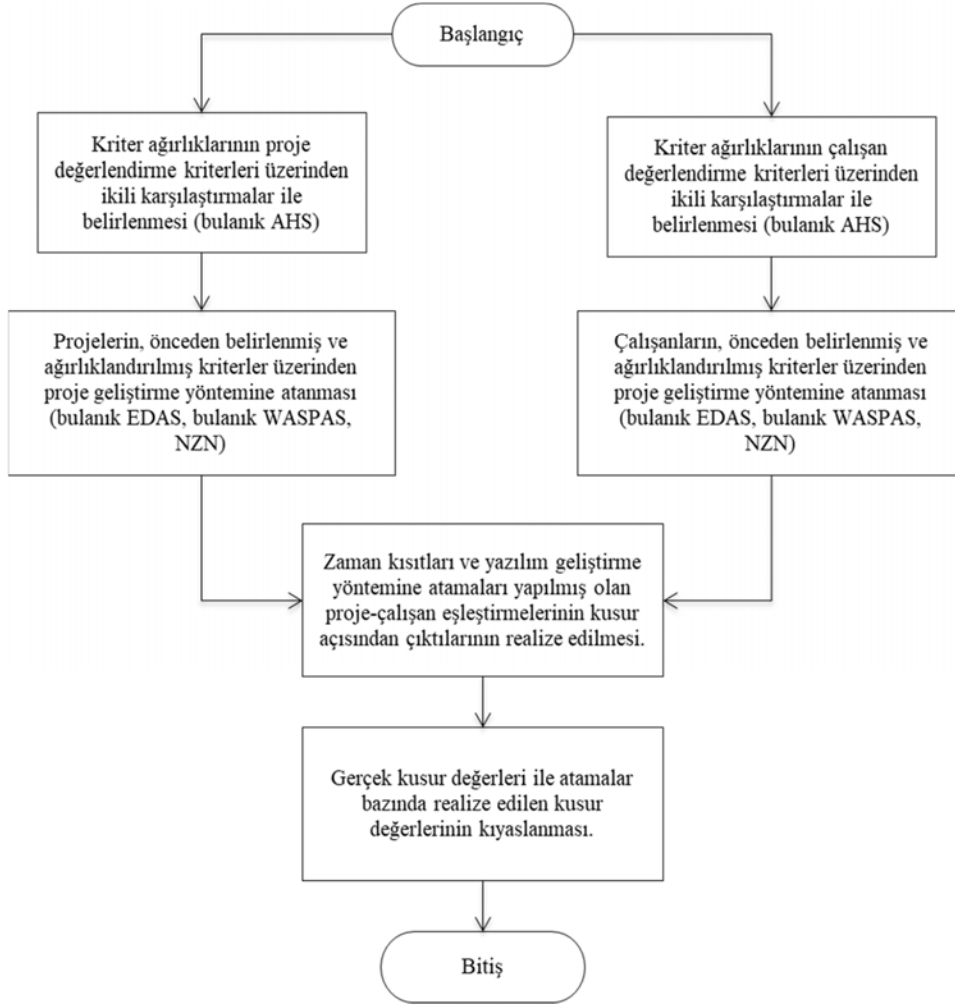
$$PDA = [p\check{d}a_{kl}]_{n \times m}, \tag{7}$$

$$NDA = [n\check{d}a_{kl}]_{n \times m}, \tag{8}$$

$$p\check{d}a_{kl} = \begin{cases} \frac{\psi(\check{x}_{kl}-\check{a}\check{v}_l)}{k(\check{a}\check{v}_l)}, & \text{if } k \in \text{Fayda}; \\ \frac{\psi(\check{a}\check{v}_l-\check{x}_{kl})}{k(\check{a}\check{v}_l)}, & \text{if } k \in \text{Maliyer}; \end{cases} \tag{9}$$

Tablo 2. NZN ölçek seti (NZN scale set)

No	Dilsel Terimler	Nötrosifik Set					
		TL	TU	IL	IU	FL	FU
1	Eşit önem	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
2	Çok daha fazla önem	0,5	0,6	0,35	0,45	0,4	0,5
3	Orta önem	0,55	0,65	0,3	0,4	0,35	0,45
4	Orta derecede daha fazla önem	0,6	0,7	0,25	0,35	0,3	0,4
5	Güçlü önem	0,65	0,75	0,2	0,3	0,25	0,35
6	Çok daha önem	0,7	0,8	0,15	0,25	0,2	0,3
7	Çok güçlü önem	0,75	0,85	0,1	0,2	0,15	0,25
8	Çok daha fazla önem	0,8	0,9	0,05	0,1	0,1	0,2
9	Aşırı önem	0,9	0,95	0	0,05	0,05	0,15
10	Son derece yüksek önem	0,95	1	0	0	0	0,1
11	Kesinlikle daha fazla önem	1	1	0	0	0	0



Şekil 1. Problem çözümünde izlenen mantıksal sıralama (Logical sequence followed in problem solving)

$$\tilde{n}d_{akl} = \begin{cases} \frac{\psi(\tilde{x}_{kl} - \tilde{a}v_l)}{k(\tilde{a}v_l)}, & \text{if } k \in \text{Maliyet}; \\ \frac{\psi(\tilde{a}v_l - \tilde{x}_{kl})}{k(\tilde{a}v_l)}, & \text{if } k \in \text{Fayda}; \end{cases} \quad (10)$$

• Adım 5 : Tüm alternatifler için Eş. 11 ile pozitif (sp_k) ve Eş. 12 ile negatif (sn_k) mesafelerin ağırlıklı toplamlarının hesaplanması,

$$sp_k = \oplus_{k=1}^m (\tilde{w}_l \otimes \tilde{p}d_{akl}) \quad (11)$$

$$sn_k = \oplus_{k=1}^m (\tilde{w}_l \otimes \tilde{n}d_{akl}) \quad (12)$$

• Adım 6 : Tüm alternatifler için Eş. 13 formülü ile pozitif mesafe ve Eş. 14 formülü ile negatif mesafe normalleştirilmiş değerlerinin hesaplanması,

$$\tilde{n}sp_k = \frac{sp_k}{\max_k(k(sp_k))} \quad (13)$$

$$\tilde{n}sn_k = 1 - \frac{sn_k}{\max_k(k(sn_k))} \quad (14)$$

• Adım 7 : Tüm alternatifler için değerlendirme puanının ($\tilde{a}S_k$) Eş. 15 ile hesaplanması.,

$$\tilde{a}S_k = \frac{1}{2} (\tilde{n}sp_k \otimes \tilde{n}sn_k) \quad (15)$$

• Adım 8 : Tüm alternatiflerin değerlendirme puanına ($\tilde{a}S_k$) göre azalan sırada sıralanması ve en iyi aday çözümün belirlenmesi.

3.3. Bulanık WASPAS (Fuzzy WASPAS)

WASPAS yöntemi ilk olarak 2012 yılında Zavadskas tarafından kullanılmıştır. Model, ağırlıklı toplama modeli ile ağırlıklı çarpım modellerinin bileşimidir [39]. Bu çalışmada WASPAS modeli olarak bulanık tabanlı WASPAS yöntemi kullanılmıştır. Hesaplama detayları, Turskis'in 2015 yılında yayımlanan çalışmasına dayanmaktadır [40]. Hesaplama adımları aşağıda kısaca açıklanmaktadır:

• Adım 1 : Bulanık karar matrisinin Eş. 16'daki tanıma göre hazırlanması,

$$X = [\tilde{x}_{kl}]_{n \times m}, \text{ 'k' alternatifleri 'l' ise kriterleri ifade eder.} \quad (16)$$

• Adım 2 : Tüm matris elemanları için başlangıç değerlerinden Eş. 17 sonucuna göre normalleştirilmiş karar matrisinin oluşturulması,

$$\tilde{\tilde{x}}_{kl} = \begin{cases} \frac{\tilde{x}_{kl}}{\max_k \tilde{x}_{kl}}, & \text{eğer } \max_k \tilde{x}_{kl} \text{ tercih edilirse,} \\ \frac{\min_k \tilde{x}_{kl}}{\tilde{x}_{kl}}, & \text{eğer } \min_k \tilde{x}_{kl} \text{ tercih edilirse,} \end{cases} \quad (17)$$

- Adım 3a : Ağırlıklı Toplama Yöntemi için ağırlıklı normalleştirilmiş bulanık karar matrisinin hesaplanması ($\tilde{X}_q = [\tilde{x}_{kl}]_{n \times m}$),
- Adım 3b : Ağırlıklı Çarpım Yöntemi için ağırlıklı normalleştirilmiş bulanık karar matrisinin hesaplanması ($\tilde{X}_p = [\tilde{x}_{kl}]_{n \times m}$),
- Adım 4 : 3a'da (\tilde{Q}_k) ve 3b (\tilde{P}_k)'de hesaplanan matrisler için optimallik fonksiyon değerlerinin önce Eş. 18 ve Eş. 19 ile sonra da Eş. 20 ve Eş. 21 kullanılarak hesaplanması;

$$\tilde{Q}_k = \sum_{k=1}^m \tilde{x}_{kl}, k=1,2,\dots,m \quad (18)$$

$$\tilde{P}_k = \prod_{l=1}^n \tilde{x}_{kl}, k=1,2,\dots,n \quad (19)$$

$$Q_k = \frac{1}{3}(Q_{k\alpha} + Q_{k\beta} + Q_{k\gamma}), \quad (20)$$

$$P_k = \frac{1}{3}(P_{k\alpha} + P_{k\beta} + P_{k\gamma}), \quad (21)$$

- Adım 5 : Alternatifler her birisini kapsayacak şekilde bulanık WASPAS için birleştirilmiş fayda fonksiyonunun Eş. 20 ve Eş. 21 sonuçları üzerinden Eş. 22 ve akabinde Eş. 23 kullanılarak hesaplanması,

$$\lambda = \frac{\sum_{k=1}^m P_k}{\sum_{k=1}^m Q_k + \sum_{k=1}^m P_k}, \quad (22)$$

$$K_k = \lambda \sum_{l=1}^m Q_k + (1 - \lambda) \sum_{l=1}^m P_k, \lambda = 0, \dots, 1; 0 \leq K_k \leq 1, \quad (23)$$

- Adım 6 : Alternatifleri fayda fonksiyon değerine göre sıralayın ve maksimum (K_k) değeri olan birinin seçilmesi.

3.4. NZN (NZN)

Ye [28] yaptığı çalışmada, belirsiz değer (U) bulanık değerini (N) ve güvenilirlik ölçüsünün (M) değerini N üzerinden alarak Z sayılarını nütrosifik Z sayıları olarak geliştirmiştir. Daha sonra karar verme aşamasında benzerlik ölçümünde iki nokta arasındaki uzaklık formülünü, kosinüs ve kotanjant formüllerini tanımlamış ve uygulamadaki farklılıkları gözlemlemiştir. Bu çalışmada 2014 yılında yine Ye tarafından yapılan uzaklık hesaplamalarından yararlanılmıştır [41]. Literatür araştırması kapsamında incelenen yayınlarda, NZN karar verme problemlerinde nütrosifik Z sayılarının kullanılması ve ölçülenmiş dilsel değişkenler üzerinden hesaplamalara tabi tutulması çalışmalarının sonuçları, açıkça görülmektedir. Ye tarafından yapılan iki çalışmada yer alan formülasyonlara dayanan bu çalışmada, hem belirsizliğin bulanık değeri (N) hem de güvenilirlik değeri (M) olan Z sayıları nütrosifik Z sayılarına dönüştürülmüştür. Ye [28]'ün

çalışmasında tanımladığı sıra-mesafe hesaplamalarına ait formüller aşağıda özetlenmiştir:

- Nütrosifik Z sayıları kümesi Eş. 24'e göre oluşturulmuştur. Burada doğruluk T ile belirsizlik I ve yanlışlık F ile temsil edilir.

$$S_z = \{(u, T(N, M)(u), I(N, M)(u), F(N, M)(u)) | u \in U\} \quad (24)$$

- Nütrosifik Z sayılarının kriterler temelinde değerlendirilmesi ve pozitif ideal çözüme olan uzaklığın belirlenmesi, Eş. 25 ve Eş. 26 kullanılarak yapılır ($v_k \in [0,1], \sum_{k=1}^n v_k = 1$).

$$MD_{wp}(S_{z1}, S_{z2}) = 1 - D_{wp}(S_{z1}, S_{z2}) \quad (25)$$

$$MD_{wp}(S_{z1}, S_{z2}) = 1 - \frac{1}{2} \left\{ \left[\frac{1}{3} \sum_{k=1}^n v_k (|TN_{1k} - TN_{2k}|^p + |IN_{1k} - IN_{2k}|^p + |FN_{1k} - FN_{2k}|^p) \right]^{1/p} + \left[\frac{1}{3} \sum_{k=1}^n v_k (|TM_{1k} - TM_{2k}|^p + |IM_{1k} - IM_{2k}|^p + |FM_{1k} - FM_{2k}|^p) \right]^{1/p} \right\} \quad (26)$$

4. Sonuçlar ve Tartışmalar (Results and Discussions)

4.1. Proje Değerlendirme Kriterleri (Valuation Criteria of the Project)

Yazılım geliştirme projelerinde proje yönetimde seçilecek yöntem ve süreci etkileyen temel değişkenlerden biri, geliştirilecek projenin kategorisidir. Kısaca ilgili projenin özellikleridir. Literatürde bu özelliklerle ilgili az sayıda çalışma olmasına rağmen, bir çalışmada projeler özelliklerine göre sınıflandırılmıştır [42]. Bu sınıflandırma da Saridoğan çalışmasından türetilmiştir [43].

Saridoğan'ın yazılım projelerinin sınıflandırma kriterleri arasında, Kuveyt Türk Katılım Bankası'na uygun yedi karar kriteri seçilmiştir. Ayrıca proje sınıflandırmasında kullanılacak kriterlere, proje talep eden kuruluşlara atıfta bulunan ek kriterler eklenmiştir. Bu kapsamda, Mintzberg [44] tarafından yapılan organizasyon sınıflandırmasının matrisi Farrel [45] tarafından yapılan yazılım projeleri yöntemine uygunluk açısından incelenmiş ve Kuveyt Türk Katılım Bankası'na uygunluk açısından değerlendirilerek üç ek kriter belirlenmiştir. Proje sınıflandırması, Tablo 2'deki ilk yedi kriter projeye özel kriterleri, son üç kriter ise organizasyona ait kriterleri ifade etmektedir.

Tablo 1'de tanımlanan ölçekler, yüksek değerli (çok güçlü gibi) şelale yöntemine uygunluğu ifade etmek için ankette listelenmiştir. Bu anketler bulanık çok kriterli karar verme yöntemi olan bulanık AHS ile değerlendirilmiş ve kriterlerin ağırlıkları 100 üst sınırına göre normalize edilmiştir. Bu sonuçlara göre kriterlerin birbirleri arasında ikili karşılaştırma sonrası ağırlıkları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Yazılım projeleri kriter ağırlıkları (Software project weights by criteria)

Kriter	Ağırlık (%)	Bulanık Değer
Gerçek Zamanlı Çalışma	15,9	(0,1-0,15-0,21)
Hata Duyarlılığı	15,4	(0,09-0,14-0,2)
Yüksek İşlem Kapasitesi	11,5	(0,09-0,13-0,17)
Özel Geliştirme	8,8	(0,07-0,09-0,13)
Proje Büyüklüğü	10,7	(0,07-0,1-0,15)
Resmi / Sözleşme Bağlılığı	7,8	(0,06-0,08-0,12)
Paydaş Sayısı	7,0	(0,05-0,07-0,1)
Bürokrasi	8,3	(0,06-0,08-0,12)
Değişime Direnç	8,3	(0,06-0,08-0,12)
Organizasyon Büyüklüğü	6,5	(0,05-0,06-0,09)

4.2. Çalışan Değerlendirme Kriterleri (Valuation Criteria of the Employee)

Bu bölümde, yazılım geliştirme projelerinin tamamlanma süresini doğrudan etkileyen, kodlama algoritması ve kullanılan teknoloji ışığında yazılımın kalitesini belirleyen, çalışanların sahip olması gereken yetkinlikler, özetlenmektedir. Bu açıdan problemle ilgili önemli bir çalışma Kayacan tarafından yapılmıştır [42]. Bu çalışmada çevik ve geleneksel yöntemleri karşılaştırmış ve sonuçlarını yayınlamıştır. Bu başlıkta yer alan kriterler bu yayınlar temel alınarak hazırlanmıştır.

Bu çalışma kapsamında projelerde görevlendirilen çalışanlar bilindiğinden, bu çalışanların özelliklerine göre hangi süreç yönetimine daha yatkın oldukları araştırılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda Kuveyt Türk Katılım Bankası için uygun görülen çalışan yetkinlik kriterleri Tablo 4'te listelenmiştir.

Tablo 4'te yer alan kriterler için şelale (geleneksel) yönteme yaklaştıkça "Çok Zayıf" seçeneğine uygun ve "Çok İyi" seçeneğine ne kadar yakınsa çevik yönteme o kadar uygun olduğu şeklinde yorumlanmıştır. "*" ile işaretlenen kriterler için bunun tersi geçerlidir.

4.3. Atamalar ve Kıyaslamalar (Assignments and Comparisons)

Sıralama yöntemlerine ve yazılım geliştirmeye yönelik atamalar, üç numaralı başlıkta açıklanan çevik yöntem ve şelale yönteminin hangi seviyede uygun olduğuna bağlıdır. Bulanık EDAS ve Bulanık

WASPAS için nihai değerler 0,5 değerinden büyükse, "Şelale (Geleneksel)" yöntemine daha uygun olduğu anlamına gelmektedir.

Bilgi teknolojileri sektöründe görev yapan 5 profesyonele ait değerlendirmelerden elde edilen sonuçlar, projeler ve çalışanlar için bulanık EDAS ve bulanık WASPAS yöntemlerinin çıktılarına göre ayrı ayrı listelenmiştir. Sıralamalar ve projenin geliştirilme yöntemi ile ilgili bilgiler sırasıyla Tablo 5 ve Tablo 6'da yer almaktadır. NZN yöntemindeki sıralama formülasyonu ve açıklama adımındaki farklılıklar nedeniyle en yüksek sıralamanın geleneksel yöntemle tutarlı olduğu algılanmalıdır. NZN yöntemi ile proje sıralamaları Tablo 5 ve Tablo 6'da tek sütun olarak gösterilmiştir.

Hâlihazırda yedi projede görevlendirilen çalışanlara ilişkin gerçek hayatta gerçekleşen kişi-gün bilgileri Tablo 7'de verilmiştir. Tablo 7'nin en sağ sütununda yer alan kişi-gün değerlerine göre toplamda açılan 162 kusur kaydı kapatılmıştır. Tüm kusurların kapatılması için toplam süre 559 kişi-gün olarak tespit edilmiştir.

Gerçek verilere göre, yedi projenin tamamlanması için analistler toplam 150 kişi-gün ve yazılım geliştiriciler yaklaşık 300 kişi-gün çalışmıştır. Tablo 8, Tablo 9 ve Tablo 10 sırasıyla bulanık EDAS, bulanık WASPAS ve NZN sonuçlarına göre atama sonuçlarını göstermektedir. "*" ile işaretlenen satır ya da sütunlar "Çevik" yazılım geliştirme sürecine uygunluğu ifade etmektedir. Yazılım geliştiriciler ve analistler için atama kuralları aşağıda özetlenmiştir:

- Projeler ağırlıklarına göre artan düzende sıralanır.

Tablo 4. Çalışan kriter ağırlıkları (Employee criteria weights)

Kriter	Ağırlık (%)	Bulanık Ağırlık
Tecrübe	23,6	(0,15-0,26-0,47)
Alan Bilgisi	18,9	(0,09-0,18-0,35)
İletişim*	22,3	(0,12-0,23-0,42)
Ekip Çalışmasına Uyum	15,1	(0,08-0,15-0,29)
Analitik Düşünme*	20,1	(0,09-0,18-0,36)

Tablo 5. Proje değerlendirme sonuçları (Project valuation results)

Proje	Ağırlıklar	Sıralama	Yöntem	Ağırlıklar	Sıralama	Yöntem	Sıralama
P1	0,38	6	Çevik	0,41	6	Çevik	7
P2	0,61	1	Geleneksel	0,71	3	Geleneksel	2
P3	0,60	2	Geleneksel	0,99	1	Geleneksel	3
P4	0,55	4	Geleneksel	0,89	2	Geleneksel	4
P5	0,41	5	Çevik	0,44	5	Çevik	5
P6	0,30	7	Çevik	0,30	7	Çevik	6
P7	0,57	3	Geleneksel	0,66	4	Geleneksel	1

Tablo 6. Çalışan değerlendirme sonuçları (Employee evaluation results)

Proje	Ağırlıklar	Sıralama	Yöntem	Ağırlıklar	Sıralama	Yöntem	Sıralama
Analist-1	0,45	10	Çevik	0,41	12	Çevik	2
Analist-2	0,42	13	Çevik	0,29	14	Çevik	1
Analist-3	0,47	8	Çevik	0,52	8	Geleneksel	3
Analist-4	0,58	3	Geleneksel	0,90	4	Geleneksel	5
Analist-5	0,59	2	Geleneksel	0,95	2	Geleneksel	4
Yazılım Geliştirici-1	0,42	13	Çevik	0,29	14	Çevik	1
Yazılım Geliştirici-2	0,48	7	Çevik	0,54	6	Geleneksel	5
Yazılım Geliştirici-3	0,50	4	Geleneksel	0,95	2	Geleneksel	8
Yazılım Geliştirici-4	0,42	13	Çevik	0,36	13	Çevik	6
Yazılım Geliştirici-5	0,45	10	Çevik	0,45	11	Çevik	2
Yazılım Geliştirici-6	0,47	8	Çevik	0,52	8	Geleneksel	3
Yazılım Geliştirici-7	0,50	4	Geleneksel	0,64	5	Geleneksel	7
Yazılım Geliştirici-8	0,49	6	Çevik	0,54	6	Geleneksel	4

Tablo 7. Mevcutta proje ve çalışanların atama bilgileri (Current project and employee assignment information)

Çalışanlar\Projeler	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Toplam	Ort. Kusur Çözüm Süresi
Analist-1	4,5	11			5,5	11	2	34	2,13
Analist-2	2			1,13		3		6,13	0
Analist-3				0,75	2	3	21,38	27,13	2,31
Analist-4		3,5	3	1,25	12,25	12	3	35	3,69
Analist-5	4	20		4,75	8	8	4	48,75	1,69
Yazılım Geliştirici-1		2					21,5	23,5	3,38
Yazılım Geliştirici-2					1,75	1	14	16,75	4,6
Yazılım Geliştirici-3		7		7	9,5	6	2	31,5	3,93
Yazılım Geliştirici-4	2,5			17			7	26,5	2,28
Yazılım Geliştirici-5								0	
Yazılım Geliştirici-6	5	25,5	14	7	13,5	1	3	69	5
Yazılım Geliştirici-7		10		3,25	24,75	2	3,13	43,13	4,31
Yazılım Geliştirici-8	13,5	27	9	28,88	3	4	5	90,38	4

Tablo 8. Bulanık EDAS için Proje ve Kişi atama, Kişi-Gün sonuçları (Project and Person assignment Person-Day results for fuzzy EDAS)

Çalışanlar\Projeler	P6*	P1*	P5*	P4	P7	P3	P2	Toplam
Analist-2*	31							31
Analist-1*	6	10,5	14,25					30,75
Analist-3*			13,5	7,88	9			30,38
Analist-4					21,38	3	3,5	27,88
Analist-5							31	31
Yazılım Geliştirici-1*	14	21	3,05					38,05
Yazılım Geliştirici-4*			38,2					38,2
Yazılım Geliştirici-5*			11,25	28,8				40,05
Yazılım Geliştirici-6*				17,33	21,5			38,83
Yazılım Geliştirici-2*					34,13			34,13
Yazılım Geliştirici-8*						40		40
Yazılım Geliştirici-7							37,5	37,5
Yazılım Geliştirici-3							34	34

Tablo 9. Bulanık WASPAS için Proje ve Kişi atama, Kişi-Gün sonuçları (Project and Person assignment Person-Day results for fuzzy WASPAS)

Çalışanlar\Projeler	P6*	P1*	P5*	P7	P2	P4	P3	Toplam
Analist-2*	31							31
Analist-1*	6	10,5	14,25					30,75
Analist-3*			13,5	21,38				34,88
Analist-4				9	20			29
Analist-5					14,5	7,88	3	25,38
Yazılım Geliştirici-1*	14	21	3,05					38,05
Yazılım Geliştirici-4*			38,2					38,2
Yazılım Geliştirici-5*			11,25	26,5				37,75
Yazılım Geliştirici-6*				29,13	10			39,13
Yazılım Geliştirici-2*					36			36
Yazılım Geliştirici-8*					25,5	14		39,5
Yazılım Geliştirici-7						32,13	9	41,13
Yazılım Geliştirici-3							31	31

- Analistler ve yazılım geliştiriciler olarak çalışanlar, değerlendirme sonuçlarına göre aldıkları ağırlık değerlerine göre küçükten büyüğe sıralanır.
- Çevik yönetime atanan analist ve yazılım geliştiricilere, çevik yönetime atanan projelerin adreslenmesi önceliklidir.
- Geleneksel (şelale) yöntemine atanan analist ve yazılım geliştiricilere, geleneksel (şelale) yönetime atanan projelerin adreslenmesi önceliklidir.
- Gerçek veriler üzerinden yapılmış atamalarda, çalışanların mevcutta atandığı kişi-gün değerleri birleştirilebilir ancak bölünemez.

- Atama yapılacağında beş analist için toplamda harcanan 150 kişi-gün üzerinden, kişi başı ortalama 30 kişi-gün sınır olarak kabul edilir. Üst sınır olarak hesaplanan sınıra %10 pay verilebilir.
- Atama yapılacağında sekiz yazılım geliştirici için toplamda harcanan 300 kişi-gün üzerinden, kişi başı ortalama 37,5 kişi-gün sınır olarak kabul edilir. Üst sınır olarak hesaplanan sınıra %10 pay verilebilir.

Bulanık WASPAS, bulanık EDAS ve NZN için yapılan atamalar üzerinden, bir kişi-gün başına gerçekte çalışan kişiler tarafından üretilen hata sayısının ortalamasına dayanarak, olası kusur sayısı ve

kusurların çözüm süreleri hesaplanmıştır. Mevcut atamalara ait gerçek değerlerin bulanık WASPAS, bulanık EDAS ve NZN atama sonuçları ile karşılaştırılması Tablo 11'de yer almaktadır.

Bu analize göre en iyi sonuçlar NZN yönteminden elde edilmiştir. NZN sonuçlarına göre 559 olan fiili hata çözüm süresinin %8,7 azalarak 509,9'a düşürülebileceği sonucuna varılmıştır. Bulanık EDAS için; doğru kişilerin doğru projelere doğru yöntemle atandığı senaryo incelendiğinde, açılan kusur sayısında %6 azalma; kusurlar için harcanan sürenin ise 559 kişi-günden 515,7'ye düşmesiyle gerçek verilere göre %8 oranında azalabileceği tespit edilmiştir. Bulanık WASPAS için; kusur sayısında %4'lük bir azalma ve kusurların çözümü için harcanan kişi-günlük değeri %5 iyileşme ile 529,3 değerine inebileceği hesaplanmıştır.

4.4. Duyarlılık Analizi (Sensitivity Analysis)

Tablo 11'de bulunan sonuçları doğrulama adına hem proje değerlendirme kriterleri hem de çalışan değerlendirme kriterleri üzerinden iki farklı senaryo eklenerek ulaşılan sonuçlar için değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirmelerde tablo 11'in sonuçları "Durum 1" olarak adreslenmiştir. Aşağıda diğer iki senaryoya ait açıklamalar yer almaktadır.

- Durum 2: Durum 1 için bulanık AHS ile belirlenen ve Tablo 3 ve Tablo 4'te yer alan ağırlıklar en küçüğü en büyük, en büyüğü ise en

küçük olacak şekilde yeniden atanmıştır. Böylece uzmanların görüşlerinin tam tersinin gerçekleşmesi senaryosu denenmiş olacaktır.

- Örneğin, %15,9 ağırlığa sahip olan "Gerçek Zamanlı Çalışma" kriteri %6,5 ağırlıkta olacak şekilde, %6,5 ağırlığa sahip olan "Organizasyon Büyüklüğü" ise %15,9 ağırlıkta olacak şekilde ağırlıklar değiştirilmiştir.
- Durum 3: Proje değerlendirme kriterleri on adet olması ve çalışan değerlendirme kriterlerinin de beş adet olması nedeni ile 100 üzerinden her kritere eşit ağırlık verilerek hesaplamalar tekrarlanmıştır. Böylece her kriterin eşit ağırlıklı olması ile üç farklı bulanık ÇKKV yöntemine ait sonuçların kıyaslanması hedeflenmiştir.
- Proje değerlendirme kriterlerinin her birine %10 ağırlık, çalışan değerlendirme kriterlerine ise %20 ağırlık ataması yapılmıştır.
- Eklenen iki farklı senaryoyu temsil eden durumlara ait projelerin sıralamaları Tablo 12'de yer almaktadır. Benzer şekilde çalışanların senaryolar bazında sıralamalarına ait bilgiler Tablo 13'te özetlenmiştir.

Farklı durumlar üzerinden atamaların yapılmasında kullanılan sıralama ve atamaların da küçük farklılıklar içerdiği Tablo 5, Tablo 6 ile Tablo 12, Tablo 13 kıyaslamaları yapıldığında görülebilir. Bu farklılıklar üzerinden aynı atama kuralları esas alınarak atamalar gerçekleştirildiğinde kusur sayıları ve çözüm süreleri kıyaslamaları Tablo 14'te yer almaktadır.

Tablo 10. NZN için Proje ve Kişi atama, Kişi-Gün sonuçları (Project and Person assignment Person-Day results for NZN)

Çalışanlar\Projeler	P1	P6	P5	P4	P3	P2	P7	Toplam
Analist-2	10,5	22						32,5
Analist-1		15	17,75					32,75
Analist-3			10	7,88	3	11		31,88
Analist-5						23,5	9	32,5
Analist-4							21,38	21,38
Yazılım Geliştirici-1	21	14	3					38
Yazılım Geliştirici-5			38,25					38,25
Yazılım Geliştirici-6			11,25	28,88				40,13
Yazılım Geliştirici-8				17,25	23			40,25
Yazılım Geliştirici-2					17	19	5,13	41,13
Yazılım Geliştirici-4						27	14	41
Yazılım Geliştirici-7						25,5	15	40,5
Yazılım Geliştirici-3							21,5	21,5

Tablo 11. Sonuçların kıyası (Comparison of results)

Kıyas Kriterleri	Mevcut	NZN	Oran	Bulanık EDAS	Oran	Bulanık WASPAS	Oran
Kusur Sayısı	162	152	%6	153	%6	156	%4
Kusur Kapatma Kişi-Gün Sayısı	559	509,9	%8,7	515,7	%8	529,3	%5

Tablo 12. Senaryolar üzerinden proje sıralamaları (Project rankings over scenarios)

Proje	Durum 2			Durum 3		
	Sıralama	Yöntem	Yöntem	Sıralama	Yöntem	Yöntem
P1	6	Çevik	6	7	6	Çevik
P2	2	Geleneksel	3	2	1	Geleneksel
P3	1	Geleneksel	1	3	2	Geleneksel
P4	3	Geleneksel	2	4	3	Geleneksel
P5	5	Çevik	5	6	5	Çevik
P6	7	Çevik	7	5	7	Çevik
P7	4	Geleneksel	4	1	4	Geleneksel

Tablo 13. Senaryolar üzerinden çalışan sıralamaları (Employee rankings over scenarios)

Proje	Durum 2				Durum 3					
	Bulanık EDAS		Bulanık WASPAS		NZN	Bulanık EDAS		Bulanık WASPAS		NZN
	Sıralama	Yöntem	Sıralama	Yöntem	Sıralama	Sıralama	Yöntem	Sıralama	Yöntem	Sıralama
Analist-1	9	Çevik	11	Çevik	3	11	Çevik	12	Çevik	2
Analist-2	15	Çevik	15	Çevik	1	15	Çevik	15	Çevik	1
Analist-3	8	Çevik	8	Çevik	2	8	Çevik	8	Şelale	3
Analist-4	3	Şelale	4	Şelale	5	3	Şelale	4	Şelale	5
Analist-5	2	Şelale	3	Şelale	4	2	Şelale	3	Şelale	4
Yazılım Geliştirici-1	1	Şelale	2	Şelale	1	1	Şelale	2	Şelale	1
Yazılım Geliştirici-2	9	Çevik	9	Çevik	5	10	Çevik	10	Çevik	4
Yazılım Geliştirici-3	13	Çevik	14	Çevik	8	13	Çevik	14	Çevik	8
Yazılım Geliştirici-4	7	Çevik	7	Şelale	4	7	Çevik	7	Şelale	5
Yazılım Geliştirici-5	4	Şelale	1	Şelale	2	4	Şelale	1	Şelale	2
Yazılım Geliştirici-6	13	Çevik	13	Çevik	3	13	Çevik	13	Çevik	3
Yazılım Geliştirici-7	12	Çevik	12	Çevik	7	11	Çevik	11	Çevik	7
Yazılım Geliştirici-8	9	Çevik	10	Çevik	6	8	Çevik	9	Çevik	6

Tablo 14. Ek senaryolar üzerinden atama sonuçlarının kıyası (Comparison of assignment results over added scenarios)

Durumlar	Kıyas Kriterleri	Mevcut	NZN	Oran	Bulanık EDAS	Oran	Bulanık WASPAS	Oran
Durum 2	Kusur Sayısı	162	150,9	%6,8	152,6	%5,8	155,2	%4,2
	Kusur Kapatma Kişi-Gün Sayısı	559	504,6	%9,7	518	%7,3	525,4	%6
Durum 3	Kusur Sayısı	162	152,2	%6	152,8	%5,7	156,1	%3,6
	Kusur Kapatma Kişi-Gün Sayısı	559	509,7	%8,8	517,8	%7,4	529,3	%5,3

5. Tartışmalar (Discussions)

Yazılım geliştirme projelerinin, çalışanlara atanması probleminin projelerin özellikleri ve kişilerin yetkinliklerine göre değerlendirilmesi, kusurların gerçekleşmelerine dair sayısal değerlendirme ve çözüm süreleri sonuçlarının gerçekleşen verilerle kıyaslamasına göre daha olumlu sonuçlar vermiştir.

Ayrıca projelerin doğru ekiplere atanması, başarılı şekilde tamamlanmalarını kolaylaştırmakta, yeteneklerine uygun projelere kişilerin atanacak olması da çalışanların iş iştahını artırmaktadır. Yaghoobi [7]'nin de belirttiği gibi doğru planlamanın proje başarısının üzerine etkisinin olduğu teyit edilmiştir.

Literatürde yazılım geliştirme projelerinin hangi geliştirme yöntemine uygun olduğu ve çalışanların yetkinlik değerlendirmeleri ile ilgili çalışmalar ayrı ayrı yer almaktadır. Değerlendirmelerde kullanılan yetkinlik tanımlamaları, literatürde çokça kullanılan yetkinlikler arasından seçilmiştir. Bu çalışmada, proje yönetimi yöntemi seçimi ile ekibin yetkinlikleri üzerinden atama yapılarak gerçek verilere dayalı kusur analizleri ile elde edilen sonuçların etkililiği de göz önüne alındığında, iki farklı çalışma alanının birleştirilmesi ile literatüre katkı sağlanmıştır.

NZN yönteminin probleme uyarlanarak kolayca uygulanabilmesi ve aynı yöntemin sonuç değerleri üzerinden daha az sayıda kusur ve özellikle daha az kusur çözüm süresi üretmesi önemli bir çıktıdır. NZN yönteminde N ve U değerlerinin anlamlı etkileri ile elde edilen olumlu sonuçlar, NZN yönteminin farklı uyarlamalarının aynı ya da benzer problem üzerindeki etkisi konusunda heyecan ve merak

uyandırıcıdır. Bu sonuçların iki adet ek durum analizi ile de destekleniyor olması NZN yönteminin daha iyi sonuç veriyor olduğunu doğrulamaktadır.

Yukarıdaki faydaların, bilgi teknolojileri alanında halen çalışan beş profesyonel tarafından bulanık karar verme yöntemleri ile ele alınan problemin değerlendirilmesi ve dilsel değişkenlerin matematiksel ifadeler aracılığıyla karar modeline entegre edilmesi bu çalışmanın özel bir katkısı olarak değerlendirilebilir.

6. Sonuçlar (Conclusions)

Yazılım geliştirme projelerinin yönetiminde bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanılması yönünde yürütülen bu çalışmada, çalışan yetkinliklerinin değerlendirilmesi yapılarak yazılım geliştirme yöntem seçimi modele dâhil edilmiştir.

Doğru projelerin doğru kişilere atanması ile aynı projelerin doğru yöntemle yürütülmesi, gerek kusur sayısının %6,8 oranında azalması gerekse çözüm sürelerinin %9,7 oranında kısılması ile sonuçlanabileceği bu çalışma ile gösterilmiştir. Yedi proje özelinde ilgili çalışanların mevcut atamaları üzerinden kusur sayısına ilişkin değerler incelendiğinde, karar verme yöntemleri ışığında yapılan atamalarla kusur sayısı ve kusurların çözüm süreleri azaltılarak iki aşamalı bir iyileşme sağlanmıştır. İki aşamalı iyileşme birbirini doğrudan ve doğru orantılı olarak etkileyeceği için hem süre hem süre konusundaki iyileşme, hesaplanan %6,8 ile %9,7 değerlerinden daha fazla fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Yukarıda yer alan iyileştirme kriterleri rehberliğinde projelerin ve çalışanların karar verme kriterleri üzerinden değerlendirilmesi ve yöntem seçimi

bazında atama yapılması sorununa önerdiğimiz çözüm yaklaşımının, problemin iyileşme potansiyelini içerdiği söylenebilir.

Çalışanların yeteneklerine uygun projelere atanması ile kusur sayısı ile çözüm sürelerinin azalması gibi ölçülebilir değerlendirme kriterlerine ek olarak, kendilerinin değerine karşılık gelen değerli projelerde görev alıyor olmalarının vermiş olduğu iş tatminindeki artışa paralel olarak motivasyonlarının da artacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Bireylerin özelliklerine son derece bağımlı olan yazılım projelerinin başarılı olmasında, bireylerin sahip oldukları özellikleri en üst seviyede işlerine yansıtılmalarını sağlayan motivasyon faktöründe artış da böylece sağlanmış olacaktır.

Çok kriterli karar verme yöntemlerinin çıktısı olarak çevik yaklaşımla geliştirilmesi gereken üç proje özelinde, geleneksel yazılım geliştirme süreci yöntemi üzerinden gerçekte tamamlanmış olan bu üç projenin sahip olduğu kusur sayısının 92 den 31,6'ya azaltılabileceği de belirlenmiştir. Yazılım geliştirme projelerinin büyük yatırımlar olarak çoğalıyor olması, bilgi teknolojileri alanındaki girişimlerin artıyor olması, bu projelerin yönetimi anlamında süreç yöntemlerinin de farklı varyasyonlar üzerinden çoğalıp kurumlara özgü yönelimlerin küreselleşmesi gibi birçok kriterin, yazılım geliştirme süreçleri temelinde projelerin değerlendirilmesi yönündeki gereksinimi tetikleyici olduğu düşünülmektedir.

İleride bu çalışmanın geliştirilebileceği alanlardan biri, çalışanların deneyimlerinin modele dâhil edilerek, deneyimli çalışanların daha hızlı ve verimli çalışacakları öngörüsü ile atama modeli analizidir. Bir diğer gelişim alanı ise yazılım geliştirme yöntemlerinin bir adım daha derinleştirilerek Spiral Model, V Model, Scrum vb. yöntemleri içeren atamaların yapılması olabilir.

Kaynaklar (References)

1. Yel İ., Sarucan A., Baysal M.E., An Application of Fuzzy AHP, EDAS and WASPAS for the Selection of Process Method in Software Projects. in International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems, Springer. 2021.
2. Antony M., Agile Project Management, 2018.
3. Salarian Z., Rashidi H., Fuzzy Set Theory Applications in Software Projects: A Literature Survey. International Journal of Advanced Research in Computer Science, 2 (5), 65, 2011.
4. Suresh K., Dillibabu R., A novel fuzzy mechanism for risk assessment in software project, Soft Computing - A Fusion of Foundations, Methodologies & Applications, 24 (3), 1683-1705, 2020.
5. Psoyants V.G., et al., Risk Management Technology of Software Project Sustainability in Fuzzy Conditions., IEEE. 1-4, 2019.
6. Sangaiah A.K., et al., Towards an efficient risk assessment in software projects-Fuzzy reinforcement paradigm, Computers & Electrical Engineering, 71, 833-846, 2018.
7. Yaghoobi T., Prioritizing key success factors of software projects using fuzzy AHP, Journal of Software: Evolution and Process, 30 (1), 2018.
8. Aksakal E., Dağdeviren M., Talent Management Based Personnel Assignment Model and Solution Proposal, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 30 (2), 249-262, 2015.
9. Deliktaş D., Üstün Ö., Multiple Criteria Decision Making Approach for Industrial Engineer Selection Using Fuzzy Ahp-Fuzzy Topsis, Anadolu University Journal of Science and Technology A- Applied Sciences and Engineering, 19, 58-82, 2018.
10. Erdemir N., Öztürk F., Kaya G.K., Integrated decision support model for performance evaluation of public staff: using AHP and fuzzy TOPSIS, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 37 (4), 1809-1822, 2022.
11. Özdemir Y., Nalbant K.G., Başlıgil H., Personnel Selection for Promotion Using an Integrated Fuzzy Analytic Hierarchy Process-Gray Relational Analysis Methodology: A Real Case Study, Anadolu University Journal of Science and Technology A- Applied Sciences and Engineering, 19, 278-292, 2018.
12. İlçe A.C., Trainee evaluations and recruitment based on fuzzy AHP: an application in furniture sector, Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 19 (2), 129-137, 2018.
13. Ulutaş A., Özkan A.M., Tağraf H., Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık Gri İlişkisel Analizi Yöntemleri Kullanılarak Personel Seçimi Yapılması., Electronic Journal of Social Sciences, 17 (65), 223-232, 2018.
14. Sharma V., Jain S., Teaching Staff Performance Analysis by Fuzzy Mamdani Inference System, IEEE, 876-880, 2020.
15. Dağdeviren M., Personnel Selection with Fuzzy Analytical Hierarchy Process and an Application, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 22 (4), 791-799, 2007.
16. Kas Bayraktaroglu F., Kundakci N., R&D Project Selection with Fuzzy EDAS Metho. UIİİD, 24,151-170, 2019.
17. Aydın U., Ü. Atak, Yük Taşımacılığı için Bulanık EDAS Yöntemi ile Taşıma Modu Seçimi, Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi, 3, 2020.
18. Yanmaz O., et al., Interval-valued Pythagorean Fuzzy EDAS method: An Application to Car Selection Problem. Journal of Intelligent & Fuzzy Systems, 38 (4), 4061-4077, 2020.
19. Shihui L., Bo W., Research on Evaluating Algorithms for the Service Quality of Wireless Sensor Networks Based on Interval-Valued Intuitionistic Fuzzy EDAS and CRITIC Methods, Mathematical Problems in Engineering, 2020.
20. Singer H., Özçelik T.Ö., Metallic biomaterial assesment via a risk-based decision-making approach, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 37 (2), 641-654, 2022.
21. Cengiz Toklu, M., Bozkurt i., Sekmen B., Bulanık AHP ve Bulanık WASPAS Yaklaşımı ile Kaizen Öneri Sistemi Değerlendirme Modeli, APJESS, 8-1, 128-138, 2020.
22. Solangi Y.A., et al., Analyzing renewable energy sources of a developing country for sustainable development: An integrated fuzzy based-decision methodology, Processes, 8 (7), 2020.
23. Agarwal S., Kant R., Shankar R., Evaluating solutions to overcome humanitarian supply chain management barriers: A hybrid fuzzy SWARA – Fuzzy WASPAS approach, International Journal of Disaster Risk Reduction, 51, 2020.
24. Sergi, D. and I. Ucal Sari, Prioritization of public services for digitalization using fuzzy Z-AHP and fuzzy Z-WASPAS, Complex & Intelligent Systems, 1, 2021.
25. Zadeh, L.A., A note on Z-numbers. Information Sciences, 181 (14), 2923-2932, 2011.
26. Jiang W., Zhang Z., Deng X., Multi-attribute decision making method based on aggregated neutrosophic set, Symmetry, 11 (2), 267, 2019.
27. Du S., et al., Some aggregation operators of neutrosophic Z-numbers and their multicriteria decision making method, Complex & Intelligent Systems, 7 (1), 429-438, 2021.
28. Ye J., Similarity measures based on the generalized distance of neutrosophic Z-number sets and their multi-attribute decision making method, Soft Computing, 25 (22), 13975-13985, 2021.
29. Yong R., Ye J., Du S., Multicriteria Decision-Making Method and Application in the Setting of Trapezoidal Neutrosophic Z-Numbers, Journal of Mathematics, 2021.
30. Otay İ., Intuitive fuzzy multi-expert & multi-criteria decision making methodology: An application in healthcare industry, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 37 (2), 1047-1062, 2022.
31. Chi P., Liu P., An extended TOPSIS method for the multiple attribute decision making problems based on interval neutrosophic set, Neutrosophic Sets and Systems, 1 (1), 63-70, 2013.
32. Vafadarnikjoo A., et al., A neutrosophic enhanced best-worst method for considering decision-makers' confidence in the best and worst criteria. Annals of Operations Research, 289 (2), 391-418, 2020.
33. Bolturk E., Kahraman C., A novel interval-valued neutrosophic AHP with cosine similarity measure, Soft Computing, 22 (15), 4941-4958, 2018.
34. Chen C.-T., Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. Fuzzy sets and systems, 114 (1), 1-9, 2000.
35. Buckley J.J., Fuzzy hierarchical analysis. Fuzzy sets and systems, 17 (3), 233-247, 1985.
36. Ulutaş A., Özkan A.M., Tağraf H., Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık Gri İlişkisel Analizi Yöntemleri Kullanılarak Personel Seçimi Yapılması, Electronic Journal of Social Sciences, 17 (65), 2018.

37. Ghorabae M.K., et al., Multi-Criteria Inventory Classification Using a New Method of Evaluation Based on Distance from Average Solution (EDAS), *Informatica (Netherlands)*, 26 (3), 435-451, 2015.
38. Stević Ž., et al., Evaluation Of Suppliers Under Uncertainty: A Multiphase Approach Based On Fuzzy Ahp And Fuzzy Edas, *Transport (16484142)*, 34 (1), 52-66, 2019.
39. Zavadskas E.K., et al., Optimization of Weighted Aggregated Sum Product Assessment. Svorinio agreguoto alternatyvių sprendimų vertinimo optimizavimas, 2012 (122), 3-6, 2012.
40. Turskis Z., et al., A Hybrid Model Based on Fuzzy AHP and Fuzzy WASPAS for Construction Site Selection, *International Journal of Computers, Communications & Control*, 10 (6), 873-888, 2015.
41. Ye J., Multiple attribute group decision-making method with completely unknown weights based on similarity measures under single valued neutrosophic environment. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 27 (6), 2927-2935, 2014.
42. Gencer C., Kayacan A., Yazılım Proje Yönetimi: Şelale Modeli ve Çevik Yöntemlerin Karşılaştırılması, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10 (3), 335-352 , 2017.
43. Saridoğan M., Yazılım Mühendisliği, Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2004.
44. Mintzberg H., *Mintzberg on management: Inside our strange world of organizations*, Simon and Schuster, 1989.
45. Farrell A., *Selecting a software development methodology based on organizational characteristics*, Athabasca University, 2008.

