



# Selection of Indoor Positioning Technology in Shipyards by Fuzzy MULTIMOORA and Fuzzy COPRAS Methods

İbrahim Çil<sup>1\*</sup>, Hilal Kılınç<sup>2</sup>, Ekrem Özgürbüz<sup>3</sup>, Muharrem Ünver<sup>4</sup>, Nalan Özkurt<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Sakarya Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya/Türkiye, (ORCID: 0000-0002-1290-3704), [icil@sakarya.edu.tr](mailto:icil@sakarya.edu.tr)

<sup>2</sup>Sedef Gemi A.Ş., Araştırma ve Geliştirme Merkezi, Tuzla, İstanbul / Türkiye, (ORCID: 0000-0001-6348-9753), [hilal.kilinc@sedefshipyard.com](mailto:hilal.kilinc@sedefshipyard.com)

<sup>3</sup>SistematiKOTVT, İstanbul / Türkiye, (ORCID: 0000-0002-6174-9221), [ekrem.ozgurbuz@sistematiKotvt.com](mailto:ekrem.ozgurbuz@sistematiKotvt.com)

<sup>4</sup>Karabük Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karabük/Türkiye, (ORCID: 0000-0001-7587-6849), [muharremunver@karabuk.edu.tr](mailto:muharremunver@karabuk.edu.tr)

<sup>5</sup>Yaşar Üniversitesi, Elektrik - Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir/Türkiye, (ORCID: 0000-0002-7970-198X), [nalan.ozkurt@yasar.edu.tr](mailto:nalan.ozkurt@yasar.edu.tr)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2021 – 21-23 October 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.1018368)

**ATIF/REFERENCE:** Çil, İ., Kılınç, H., Özgürbüz, E., Ünver, M. & Özkurt, N. (2021). Selection of Indoor Positioning Technology in Shipyards by Fuzzy MULTIMOORA and Fuzzy COPRAS Methods. *European Journal of Science and Technology*, (29), 248-254.

## Abstract

GPS (Global Positioning Systems), which have been successfully used to locate and track assets in open areas, cannot show the same performance in closed environments. In cases where GPS cannot provide accurate enough data indoors, indoor positioning systems (IMKS) are being developed. These technologies provide services based on Infrared, Ultrasonic sound and Radio frequency based technologies. Each of indoor positioning technologies suited to be used for specific purposes, although the areas of the shipyard in difficult conditions like all living and inanimate objects required for positioning and monitoring the accuracy, reliability, cost, energy consumption, scalability, and developed a technology that allows other requests could not be convenient. Some technologies perform very well in Energy consumption, while others may be better in terms of coverage area. Therefore, the choice of indoor positioning technology comes across as a multi-purpose decision problem. Among the IMK technologies for shipyard sites with heavy and large medal blocks and other signal interrupting obstacles, it seems that radio frequency-based systems may be more suitable from the point of view of the shipyard site than other technologies. Therefore, in this article, a multi-criteria decision model is being developed to determine which radio-based technologies will be used as Indoor Positioning Technology in Shipyards, and the problem is being solved with Fuzzy MULTIMOORA and Fuzzy COPRAS Methods. An application is being carried out at the SEDEF shipyard.

**Keywords:** Shipyard, Indoor positioning, Fuzzy Multi-Criteria Group Decision Making Method, Fuzzy MULTIMOORA, Fuzzy COPRAS.

## Bulanık MULTIMOORA ve Bulanık COPRAS Yöntemleriyle Tersanelerde İç Mekân Konumlandırma Teknolojisi Seçimi

### Öz

Açık alanlarda varlıkların yerini bulmada ve takip etmede başarılı bir şekilde kullanılan GPS (Küresel Konumlandırma Sistemleri) aynı performansı kapalı ortamlarda gösterememektedir. İç mekanlarda GPS'in yeterince kesin veri sağlayamadığı durumlarda, iç mekan konumlandırma sistemleri (IMK) geliştirilmektedir. Bu teknolojiler Kızılötesi, Ultrasonik ses ve Radyo frekansı tabanlı teknolojilere dayalı olarak hizmet sunmaktadırlar. İç mekan konumlandırma teknolojilerinin her birinin belirli amaçlar için kullanılması uygun olsa da, tersane sahası gibi zorlu koşullarda canlı ve cansız tüm nesnelerin konumlandırılması ve takibi için gereken doğruluğu, güvenilirliği, maliyeti, enerji tüketimini, ölçeklenebilirliği ve diğer istekleri sağlayan uygun bir teknoloji geliştirilememiştir. Bazı teknolojiler Enerji tüketiminde çok iyi performans sergilerken, bazıları kapsam alanı açısından daha iyi olabilmektedirler. Bu nedenle, İç mekan konumlandırma teknoloji seçimi çok amaçlı bir karar problemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Ağır ve büyük medal blokların ve diğer sinyal kesici engellerin olduğu tersane sahaları için İMK teknolojiler içerisinde, radyo frekansı tabanlı sistemler diğer teknolojilere göre tersane sahası açısından daha uygun olabilecekleri görülmektedir. Bu nedenle bu makalede radyo tabanlı teknolojilerin hangisinin Tersanelerde İç Mekân Konumlandırma Teknolojisi olarak kullanılacağını belirlemek için çok ölçütlü bir karar modeli geliştirilmekte ve Bulanık MULTIMOORA ve Bulanık COPRAS Yöntemleriyle problem çözülmeye çalışılmaktadır. SEDEF tersanesinde bir uygulama gerçekleştirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Tersane, İç mekan konumlandırma, Bulanık Çok Kriterli Grup Karar Verme, Bulanık MULTIMOORA, Bulanık COPRAS.

\* Sorumlu Yazar: [icil@sakarya.edu.tr](mailto:icil@sakarya.edu.tr)

## 1. Introduction

İç Mekan Konumlandırma (İMK), canlı yada cansız nesnelerin iç mekanlardaki konumlarını belirlemek ve hareketlerini takip etmek için kullanılan sistemleridir [1]. İMK sistemleri, GPS veya uydu gibi geleneksel teknolojilerin yetersiz kaldığı kapalı alanlarda konum izleme hizmetleri sağlamak üzere birbirine bağlı cihazların oluşturduğu bir ağıdır. İç mekanlarda uydu sistemleri, hassasiyet eksikliği veya sinyallerinin istenen konuma ulaşmaması nedeniyle sınırlı kalmaktadır. Bunun nedeni çeşitli engeller ve duvarlardan geçerken GPS sinyallerinin zayıflamasıdır. Bunun sonucu olarak, kapalı yerlerdeki nesnelere bulma ve izleme yetersiz kalıyorlar [2]. Bu sorunun üstesinden gelmek ve iç mekanlarda doğru bir konum elde etmek için değişik iç mekan konumlandırma teknoloji geliştirilmiş olsa da, istenen performansa bir İMK teknolojisinin eksikliği kendini hissedilmez [3]. Bu kapsamda bir kapalı ortamda nesne konumunun belirlenmesi için teknolojilere büyük bir ihtiyaç vardır [4]. Bu talep karşısında geniş uygulamaları nedeniyle İMK, hem bilimden hem de endüstriden büyük ilgi görmektedir [6]. İletişim ağları alanındaki hızlı gelişme nedeniyle de, son yıllarda İMK sistemleri son derece popüler konu haline geldi. Günümüzde, varlıkların tam konumunu belirleme bir zorunluluk olmuştur [7], [8]. İMK teknolojileri, otomasyon ve kontrol endüstrilerine, robotik yönlendirmeye ve gerçek zamanlı konum belirleme ve izlemeye de büyük bir katkı sağlamaktadır.

Halen çeşitli iç mekan konumlandırma teknolojileri farklı alanlarda bağımsız olarak uygulanmakta. Kablosuz Yerel Alan Ağları (WLAN), Bluetooth Düşük Enerji, Ultra Geniş Bant (UWB), RFID, Dokunsal Zemin, Ultrasonik Ses ve Yüksek Hassasiyetli GNSS teknolojileri bunlardan bazılarıdır. Yukarıda belirtilen teknolojiler arasından en uygun konumlandırma teknolojisini seçebilmek için öncelikle seçim kriterleri belirlenir. Bir kullanıcı anketine göre [23]. Konumlandırma hizmetinin kalitesini kullanıcıların bakış açısından değerlendirmek için en önemli faktörler doğruluk, kullanılabilirlik, kapsam, maliyet, güç tüketimi ve gizliliklerdir.

Tersaneler hem açık hem kapalı alanları olması nedeniyle uydu konumlandırma sistemlerinin başarısız olduğu veya yeterince kesin veri sağlayamadığı yerler arasındadır. Tersane sahalarındaki insanların ve araçların konumlarına ve hareketlerine ilişkin işlevsel bilgiler elde etmede İMK sistemlerine ihtiyaç duymaktadırlar [5]. İMK sistemi, tersane alanında iş verimliliğini ve güvenliğini önemli ölçüde iyileştirme potansiyeli olan bir teknolojidir. Tersane ortamına en uygun olabilecek bir İMK teknolojisi belirlenmeden, karmaşık tersane ortamının başarılı bir dijital dönüşümünü gerçekleştirmek zordur. Bu makale, tersanelerde en uygun İMK teknolojisini seçimi için olası zorlukları analiz etmekte ve İMK teknolojilerini değerlendirmek için Bulanık Çok Kriterli Grup Karar Verme Yöntemini önermektedir [9], [10].

Son yıllarda, bazı araştırmacılar, gemi yapımındaki görevleri dijitalleşme yönünde teknolojik çözümlerin uygulanması üzerinde çalışmış ve önerilerde bulunmuştur [13] [14], [15], [16]. Kim ve ark. [17], mobil robotların çalışma ortamını tanımak için sinir ağlarını kullandığı tersaneler için otomatik bir kaynak makinesi ve kaynak yapan akıllı robotların kullanılmasını önermektedir. Tersane içerisinde insanların yerini belirlemede Kawakubo ve Ark. bir çalışma yaptılar [18] Bu makalede yazarlar, Bluetooth teknolojisini kullanmaktadırlar. Başka bir çalışmada farklı görevlerinin izlenmesi için sensör

ağları önerilmiştir [19]. Bir tersanede gemilerin ve deniz platformlarının inşası için daha spesifik bir gelişme [20]' de ele alınmıştır. Tersane ve şantiye gibi alanlarda gerçek zamanlı konumlandırma ile ilgili bazı inceleme makaleleri bulunmaktadır. Lu et al. [21], RF tabanlı üç farklı İMK teknolojisini karşılaştırarak şantiyelerde konumlandırma ve izleme için GPS ile İMK tekniklerini birleştirmektedir. Li ve ark. [22] on farklı İMK teknolojisini kritik etmektedirler. Ancak, İMK teknolojilerinin özellikle tersanelerdeki uygulamaları için İMK ilkelerini ve algoritmalarını tartışan ve karşılaştıran çalışmaların yetersiz kaldığı görülmektedir.

Karar verme sürecinde birden çok kriterin olması ve tek bir optimum çözümün olmadığı bu tür problemlerin çözümünde kullanılan yöntemlere genel olarak "Çok Kriterli Karar Verme" adıyla adlandırılmaktadır. Günümüzde bu kategoride değerlendirileceğimiz birçok yöntem mevcuttur. Bunlar; Hedef Programlama, AHP, ANP, TOPSIS, ELECTRE, PROMETHEE, VIKOR gibi yöntemlerdir [12]. Oztaysi ve Ark. Bulanık TOPSIS yöntemi ile veri toplama teknolojilerini değerlendirmiştir [24]. Doulos ve Ark. uygun bir fotosensörün optimum konumunun belirlenmesi için ELECTRE yöntemine dayalı bir metodoloji önerilmiştir [25].

Bu çalışmadaki ana amaç yukarıda kısaca değinilen çok kriterli karar verme yöntemlerini güçlü yönlerini bir araya getirerek hibrit bir model oluşturmak ve problemi kurulan bu model ile çözmektir. Bu çalışmada önce tersanelerde İMK sistemlerinin uygulanmasındaki zorlukları analiz edilerek, ardından İMK sistemlerinin seçimine yönelik bir değerlendirme modeli sunulmaktadır. Bu modelde SEDEF tersanesi için en uygun İMK sistemlerinin değerlendirilmesi, İMK performans kriterleri, İMK teknolojileri ve çözüme yönelik olarak bulanık MULTIMOORA ve Bulanık COPRAS grup karar verme yöntemleri önerilmektedir.

## 2. Materyal ve Yöntem

İMK sistemlerinin çeşitliliği ve tersanelerdeki karmaşık ve dinamik bir ortamın mevcudiyeti, karar vericileri bir konumlandırma sistemi seçmede uygun bir karar desteği ve yöntem kullanmaya zorluyor. İMK sistemlerinin seçimi veya geliştirilmesi, yerleştirildikleri ortamla sınırlı kaldıkları için. Tersaneler uygun olacak bir İMK sisteminin seçilmesi her şeyden önce kullanıcı odaklı ve ortama uygun olmalıdır. Örneğin, kullanıcılar, ihtiyaçlarına göre bir İMK sistemi seçmeden veya geliştirmeden önce, öncelikle tersanedeki koşulları göz önüne almalı ve uygulamalarına göre her bir alternatif sistemin sergileyeceği performansı iyi değerlendirmeli. Tersanedeki yapıyı devama eden gemilerin içi ve diğer kapalı tersane ortamında, ağır ve büyük boyutlu metal bloklar bulunur ve bunlar iletilen sinyalleri önemli ölçüde zayıflatabilir. Bu, durum ışık, ultrason ve kızılötesi gibi bazı sinyal türlerinin kapsamını önemli ölçüde olumsuz etkileyebilir. Bunun yanında bazı güvenilir performans ölçütleri olmadan, kullanıcıların ortam sınırlamalarının etkisi altında farklı sistemleri ve bunları oluşturan teknolojilerin, ilkelerin ve algoritmaların performansını değerlendirmeleri zordur. Tüm bunları göz önünde bulunduracak kapsamlı bir değerlendirme yaklaşımına ihtiyaç duyulmaktadır. Yöntem bakımından Bulanık MULTIMOORA ve Bulanık COPRAS yöntemleri çok ölçütlü sağlam yapıları nedeniyle bu amaç için uygun araçlardır [11], [12]. Bu çalışmada bu bahsedilen yöntemler önce algoritmik bilgi düzeyinde açıklanmakta ardından SEDEF tersanesinde uygulama gerçekleştirilmektedir.

İMK sistemleri sayesinde tersaneler, sahadaki çalışanların, ekipmanların ve çalışma alanlarının üretkenliğini ve güvenliğini artıracak potansiyele kavuşabileceklerdir. Böylece katma değerli faaliyetlere daha fazla odaklanmak, varlıkların kaybolmamasını veya yanlış yere yerleştirilmemesini sağlamak, varlıklara daha hızlı sürede ulaşmak, kapasite kullanımını artırmak, daha iyi tersane iş akışlarını ve kullanımını sağlamak, tersane alanındaki acil durumlara ve/veya tahliyelere daha verimli müdahalelerde bulunmak, işyeri yaralanması ve kazalarını en aza indirmek gibi daha birçok faydalar sağlanacaktır. Tersane sahasında İMK sistemleri özellikle, yoklama, pandemik işyeri uygulamaları, depolama, lojistik, kaynak işlemleri ve forklift operasyonları gibi pek çok için kullanışlıdır. İMK sistemlerinin yararlı olduğu örnekler arasında havaalanları, inşaat sahaları, tersane alanları, yeraltı konumları ve madencilik operasyonları yer almaktadır.

Bu çalışmada tersaneler için İMK teknolojisi seçiminde literatür araştırmasına dayalı olarak ve tersane ihtiyaçları gözönünde bulundurularak, bulanık MULTIMOORA ve bulanık COPRAS yöntemlerinin birlikte kullanıldığı bir değerlendirme modeli önerilmektedir. Takip eden kısımlarda modelin oluşturulması ve SEDEF tersanesi ihtiyacını karşılayacak olan teknolojinin belirlenmesi üzerine gerçekleştirilen bir uygulama açıklanmaktadır.

### 2.1. Bulanık MULTIMOORA Yöntemi

Bulanık multimoora yöntemi: Oransal analize dayalı MOORA yöntemi diğer çok ölçütlü karar verme yöntemlerine göre yenidir [11]. Bulanık MULTIMOORA yönteminin işlem adımları aşağıdaki gibidir;

1. Adım: Üçgensel bulanık sayılar kullanılarak bulanık karar matrisinin oluşturulması.

$$X = \begin{bmatrix} [x_{11}^l, x_{11}^m, x_{11}^n] & [x_{12}^l, x_{12}^m, x_{12}^n] & [x_{1n}^l, x_{1n}^m, x_{1n}^n] \\ \dots & \dots & \dots \\ [x_{m1}^l, x_{m1}^m, x_{m1}^n] & [x_{m2}^l, x_{m2}^m, x_{m2}^n] & [x_{mn}^l, x_{mn}^m, x_{mn}^n] \end{bmatrix} \quad (1)$$

Bulanık karar matrisindeki  $x_{ij}^l, x_{ij}^m, x_{ij}^n$  değerleri; j. Kriterine göre i. alternatifin üçgensel bulanık sayıdaki sırasıyla küçük, orta ve büyük değerleri temsil etmektedir. Bu çalışmada, bulanık karar matrisi oluşturulurken Tablo 1'deki ölçeklerden faydalanılmıştır.

Tablo 1. Alternatifler değerlendirmede kullanılan dilsel değişkenler

Dilsel İfadeler	Bulanık Sayılar	Üçgensel
Çok İyi	(9,10,10)	
İyi	(7,9,10)	
Orta Üstü	(5,7,9)	
Vasat	(3,5,7)	
Vasat Altı	(1,3,5)	
Zayıf	(0,1,3)	
Çok Zayıf	(0,0,1)	

2. Adım: Vektör normalizasyonu ve normalize bulanık karar matrisi hesaplanır.

$$\begin{aligned} \tilde{x}_{ij1}^* &= x_{ij1} / \sqrt{\sum_{i=1}^m [(x_{ij1})^2 + (x_{ij2})^2 + (x_{ij3})^2]} \\ \tilde{x}_{ij}^* &= (\tilde{x}_{ij1}^*, \tilde{x}_{ij2}^*, \tilde{x}_{ij3}^*) = \tilde{x}_{ij2}^* = x_{ij2} / \sqrt{\sum_{i=1}^m [(x_{ij1})^2 + (x_{ij2})^2 + (x_{ij3})^2]} \\ \tilde{x}_{ij3}^* &= x_{ij3} / \sqrt{\sum_{i=1}^m [(x_{ij1})^2 + (x_{ij2})^2 + (x_{ij3})^2]} \quad \forall i, j. \end{aligned} \quad (2)$$

3. Adım: Ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisi hesaplanır.

$$\begin{aligned} v_{ij}^l &= w_j * r_{ij}^l \\ v_{ij}^m &= w_j * r_{ij}^m \\ v_{ij}^n &= w_j * r_{ij}^n \end{aligned} \quad (3)$$

4. Adım: Fayda ve maliyet kriterleri bakımından bütün alternatifler için sıralama hesaplanır.

Fayda kriteri için;

$$\begin{aligned} s_i^{+l} &= \sum_{j=1}^n v_{ij}^l \\ \forall s_i^{+m} &= s_i^{+m} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^m \quad \text{I } j \in j^{max} \\ s_i^{+n} &= \sum_{j=1}^n v_{ij}^n \end{aligned} \quad (4)$$

Maliyet Kriteri İçin;

$$\begin{aligned} s_i^{-l} &= \sum_{j=1}^n v_{ij}^l \\ \forall s_i^{-m} &= s_i^{-m} = \sum_{j=1}^n v_{ij}^m \quad \text{I } j \in j^{min} \\ s_i^{-n} &= \sum_{j=1}^n v_{ij}^n \end{aligned} \quad (5)$$

5. Adım: Bütün alternatifler için performans puanları hesaplanır. Performans puanları için, ilgili vertex metodolojisi yardımıyla alternatifler için maliyet ve kazanç-fayda değerleri durulaştırılır.

$$S_i(s_i^+, s_i^-) = \sqrt[3]{[(s_i^{+l} + s_i^{-l})^2 + (s_i^{+m} + s_i^{-m})^2 + (s_i^{+n} + s_i^{-n})^2]} \quad (6)$$

6. Adım: Performans puanlarına göre alternatifler sıralanır. En yüksek performans puanına sahip olan alternatif tercih edilir.

### 2.2. Bulanık COPRAS Yöntemi

Subjektif değerlendirmelerin gerektirdiği durumlarda etkin karar almaya destek sunan Bulanık COPRAS, dilsel ifadelerden oluşan değerleri kullanır. Örneğin bir karar probleminde alternatiflerin maliyet ölçütüne göre değerlendirilmesinde kesin sayılar kullanılması yerine “iyi”, “kötü”, “çok iyi”, “çok kötü” vb. dilsel değerlendirmeler kullanılması kararın daha etkin ve olmasını sağlamaktadır. Bulanık COPRAS yönteminde izlenen adımlar aşağıdaki gibidir[23]:

Adım 1. Bulanık karar matrisi oluşturulur:

$\tilde{x}_{ij}$ : m sayıda alternatif ve n adet kriterin olduğu bir karar problemi için i. seçeneğin j. ölçüte göre değerlendirilmesinden oluşan bulanık performans değerini ifade eder. Bu bulanık sayı;  $\tilde{x}_{ij} = (x_{ij}^l, x_{ij}^m, x_{ij}^n)$

parametrelerinden oluşmaktadır. Burada bulanık performans değerlerinden oluşan karar matrisi aşağıdaki gibidir;

$$\tilde{X} = [\tilde{x}_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad i=1,2, \dots, m \quad j=1, 2, \dots, n \quad (8)$$

Bulanık COPRAS yönteminde karar matrisi oluşturulurken, birden çok karar vericinin olduğu durumda, tüm kararlar tek bir grup kararına dönüştürülür.

Adım 2. Bulanık karar matrisini durulaştırma ve karar matrisini oluşturma: Bulanık COPRAS yöntemi de bulanık sayıları kesin sayılara dönüştürmede “Best Non-fuzzy Performance” (BNP) yönteminden faydalanmaktadır. BNP yöntemi ile dönüştürme işlemi,

$$BNP_i = \frac{(x_{ij}^n - x_{ij}^l) + (x_{ij}^m - x_{ij}^l)}{3} + x_{ij}^l \quad (9)$$

eşitliği kullanılarak yapılmaktadır. Kesin sayılara dönüştürülen xij performans değerleri ile oluşturulan X karar matrisi,

$$X = x_{ij} \quad m \times n = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad i=1, 2, \dots, m \quad j=1, 2, \dots, n \quad (10)$$

eşitliği ile gösterilir.

Adım 3. Normalize edilmiş karar matrisini oluşturma: Bulanık COPRAS yönteminde durulaştırmayla oluşturulan xij değerleri,

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}} \quad (11)$$

eşitliği kullanılarak  $\tilde{x}_{ij}$  normalize performans değerlerine dönüştürülür.

Adım 4. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisini oluşturma:

X normalize karar matrisini oluşturan xij ağırlıklandırılmış normalize performans değerleri,

$$\tilde{x}_{ij} = \sum_{k=1}^K \tilde{w}_k \tilde{x}_{ij}^k / \sum_{k=1}^K \tilde{w}_k, \quad (12)$$

eşitliği kullanılarak  $\tilde{x}_{ij}$  ağırlıklı normalize performans değerlerine dönüştürülür.

Adım 5. Kazanç ve zarar ölçütlerine dayalı toplam ağırlıklı normalize değerlerin belirlenmesi: S+i Kazanç kriterleri toplamını, S-i ise zarar kriterleri toplamını göstermek üzere,

$$S_{+i} = \sum_{j=1}^k \tilde{x}_{+ij} \quad i=1, 2, \dots, m \quad j=1, 2, \dots, k \quad (13)$$

$$S_{-i} = \sum_{j=k+1}^n \tilde{x}_{-ij} \quad i=1, 2, \dots, m \quad j=1, 2, \dots, k \quad (14)$$

eşitlikleri kullanılarak hesaplanır.

Adım 6. Göreceli önem değerlerinin hesaplanması

S+i ve S-i parametreleri kullanılarak hesaplanacak Qi değeri i. alternatifi göreceli önem değerini göstermek üzere,

$$Q_i = S_{+i} \frac{S_{-min} \sum_{i=1}^m S_{-i}}{S_{-i} \sum_{i=1}^m \frac{S_{-min}}{S_{-i}}} \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (15)$$

eşitliği kullanılarak belirlenir. Eşitlikte yer alan min S-min parametresi, S-i değerlerinden en küçük olanını ifade etmektedir.

Adım 7. Performans indeksi değerlerinin hesaplanması ve **alternatiflerin** değerlendirilmesi. Pi, i. alternatifi performans indeksi değerini göstermek üzere,

$$P_i = \left[ \frac{Q_i}{Q_{max}} \right] * 100\% \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (16)$$

Eşitliği kullanılarak hesaplanmaktadır. Tüm hesaplama adımlarının ardından elde edilen Pi değerleri azalan şekilde sıralanarak seçeneklerin tercih sıralaması yapılır.

## I. UYGULAMA

Uygulama SEDEF Tersanesinin dijitalleşme çalışmaları kapsamında en uygun İMK teknolojilerinin seçilmesi ile ilgili problem ele alınmıştır. Bu amaçla, SEDEF Tersanesi için en uygun konumlandırma teknolojisini belirleyip tedarik etmek üzere dört karar vericiden oluşan; (KV1, KV2, KV3 ve KV4) bir değerlendirme grubu oluşturulmuştur. Uzmanlar, S1(WiFi), S2(Bluetooth), S3 (RFID), S4(ZigBee) ve S5(UWB) şeklinde beş İMK teknoloji seçeneğinin tersane sahası için uygun olabileceğini belirlediler. Bu seçenekleri değerlendirmede ise sırasıyla K1(Doğruluk), K2 (Enerji Tüketimi), K3(Maliyet), K4(Ölçeklenebilirlik), K5(Tepki Süresi) şeklinde beş ölçüt dikkate alınmaktadır.

### 2.3.İç Mekan Konumlandırma Teknolojileri

Burada, İMK hizmetleri sağlamak için değerlendirmeye alınacak teknolojiler radyo iletişim teknolojisine dayalıdır ve burada bunlar kısaca açıklanarak tartışılacaktır. Diğer teknolojiler bu çalışmanın kapsamı dışındadır. Her sistem, konum izleme tarzı için benzersiz bileşenler içerir ve belirli koşullar altında değişen doğruluk, maliyet ve uygunluk derecelerine sahiptir.

**Kablosuz Bağlantı Alanı (Wi-Fi):** Wi-Fi tarafından kullanılan konumlandırma yöntemleri genellikle üçgen ve parmak izi konumlandırmadır. Bu yöntem, düşük maliyetli, yüksek doğruluğa ve nispeten geniş kapsama alanına sahiptir. 20m-50m'lik bir konumlandırma aralığına ulaşabilir, ancak çevresel parazitlere (duvarlar gibi) karşı hassastır.

**Radyo Frekansı Tanımlama (RFID):** RFID sistemleri genellikle iki özelliğe göre sınıflandırılır: çalışma sıklığı ve çalıştırılma şekli. Frekansa bağlı olarak RFID sistemleri radyo bantlarında sınıflandırılabilir. Her bant, yayılma davranışı ve spektrum düzenlemelerinde diğerlerinden farklıdır. Üç ana RFID bandı vardır: Düşük Frekans, Yüksek Frekans ve Ultra Yüksek Frekans RFID. Tüm bu RFID sistemleri, etiketlerin çalıştırılma şekline göre de sınıflandırılabilir: Pasif sistemler ve Aktif sistemler.

**Ultra Geniş Bant (UWB):** UWB, çok düşük güç yoğunluğu ve çok kısa süreli darbeler elde ederek, geniş bir frekans yelpazesi üzerinden büyük miktarda bilginin iletilmesine izin veren kısa menzilli bir radyo teknolojisidir. Avantajları, etkisi güçlü ve yüksek doğruluktur. Konum uygulamalarında mükemmel bir hassasiyet elde ederler, ancak kısa menzili ve metal nesnelerin mevcudiyeti ile ilgili sorunları nedeniyle tersane ortamına uyum sağlaması zordur. Maliyeti nispeten yüksektir.

**ZigBee:** ZigBee, konumlandırma ve izlemede kullanılır. ZigBee, düşük maliyetli güçlü kablosuz sensör ağları oluşturmaya yönelik bir teknolojidir. Geniş kapsama mesafelerine ulaşmaya izin veren ara cihazlardan mesh ağları oluşturabilir. ZigBee cihazları, düşük enerji tüketim ve yüksek güvenlik için tasarlanmıştır. ZigBee iletim hızı, 20 kbit/s ile 250 kbit/s arasında değişen, bölgeler arasında farklılık gösterebilen çalışma frekansına bağlıdır.

**Bluetooth:** Bluetooth kısa menzilli uygulamalara (yaklaşık 10m) ve enerji verimliliği için optimize edilmiş küçük cihazlara yönelik bir Kablosuz Kişisel Alan Ağı teknolojisidir. 2,4 GHz'de çalışır ve frekans bandını Wi-Fi gibi diğer teknolojilerle paylaşır. Bluetooth belirli bir uygulama için tasarlanmamıştır: belirli bir kullanım için varsayılan bir çözümü temsil eden bir dizi profili tanımlar ve cihazlar arasında birlikte çalışma gereksinimlerini belirler. Her Bluetooth cihazı, bu profillerden bir veya daha fazlasını destekleyebilir, en yaygın olanı cihazlar arasında bağlantı kuran ve aralarında veri gönderenlerdir. Bu tür cihazlar, bir İMK senaryosunda referans görevi gören işaretçileri (belirli bilgileri periyodik olarak yayınlayan cihazlar) içerir.

İMK için teknoloji seçiminde, ortam, çevresel faktörler, maliyet, kurma, işletme ve bakım maliyet faktörleri gibi birçok kriter dikkate alınmalıdır. Ancak hepsini birden karşılayacak bir teknoloji halen mevcut değildir ve bu durum aynı zamanda mevcut teknolojilerin güncel bir dezavantajıdır; Gelecekte, birkaçının birleştirebileceği öngörülmektedir.

Table 1. Seçilen bazı teknolojilerin özellikler

Teknoloji	Frekans bandı	Menzil	Özellikleri	Popüler Uygulamalar
LF RFID	30–300KHz (125KHz)	1–5 cm (<10 cm)	N-LOS, dayanıklılık, düşük maliyet	Akıllı Endüstri ve güvenlik erişimi
HF RFID	3–30MHz (13.56MHz)	30cm (<1m)	N-LOS, dayanıklılık, düşük maliyet	Akıllı Endüstri ve varlık takibi
UHF RFID	30MHz–3GHz	10m	N-LOS, dayanıklılık, düşük maliyet	Akıllı Endüstri ve paralı yollar
NFC	13.56MHz	4–10 cm (<20 cm)	Düşük maliyet	Bilet işlemleri ve ödemeler
BLE	2.4GHz	<50m	Düşük enerji kullanımı	Kablosuz kulaklıklar
Wi Fi	2.4–5GHz	<100m	Yüksek hız, her yerde bulunabilme	LAN, internet erişimi, geniş bant
Kızılötesi	1000 800 μ m	<1 m	Güvenlik, yüksek hız	Uzaktan kumanda, veri aktarımı
UWB	3.1 ila 10.6GHz	<10m	Düşük güç, yüksek hızlı veri	Radar, video akışı
Ultrason	>20kHz (2–10MHz)	<3 m	Endüstriyel malzemelerin muayenesi	Tıp, konumlandırma

ZigBee	868MHz (AB), 2.4GHz	<10m	Mesh ağı	Akıllı Ev ve Endüstri
DASH7	315-915MHz	<5km	BLAST ağ teknolojisi	Akıllı Endüstri ve askeri
ANT+	2.4GHz	<10m	Düşük enerji kullanımı	Sağlık, spor izleme
LoRa	2.4GHz	>15m	Uzun pil ömrü ve menzil	Akıllı şehir, M2M
SigFox	868MHz	3-50km	Küresel hücrel	Nesnelerin İnterneti, M2M
RuBee	131KHz	1-30 m (15 m)	Zorlu ortamlar	Görev açısından kritik senaryolar

Tablo 1' den, konumlandırma teknolojisinin özellikleri görülmektedir. Uygulaması veya kullanım durumu için hangi tür konumlandırma teknolojisine en uygun olduğuna karar vermek kuşkusuz kullanıcıya kalmıştır. İMK konusundaki geniş araştırmalara rağmen, şu anda henüz İMK'nın gerçekleştirebilecek tek bir mükemmel sistem yoktur.

## 2.4. Değerlendirme Kriterleri

Tersane ortamının özellikleri ve diğer çalışmalarda sağlanan kıyaslamalar dikkate alınarak beş performans kriteri belirlendi [2], [24]. Bunlar şu şekildedir:

**Doğruluk:** Konum bilgisinin doğruluğunu ifade eder. Çıktı konum verilerinin kalitesini yeterince yansıttığı için çok önemli bir kriterdir. Konumlandırma doğruluğu yeterince yüksek değilse ekipmanın performansı bozulacaktır. Konumlandırma doğruluğu düşüğe yanlış alarmlar veya gecikmeli alarmlar oluşabilir.

**Enerji Tüketimi:** Güç tüketimi, aynı kullanım oranı altında bir İMK sisteminde tüketilen ortalama gücü ölçer. Daha fazla veri iletmek için daha fazla enerji tüketilir. Teknolojilerin seçimi, her bir konum sorgusu için ne kadar veri gönderildiğini etkileyen, İMK sistemlerinde kullanılan iletişim protokolünü belirler.

**Maliyet:** Maliyet kriteri, İMK sistemini elde etmek, kurmak ve sürdürmek için gereken para ve zamanı ölçer. Maliyet kriteri, İMK hizmetini gerçekleştirmek için harcanan kaynakların toplam miktarını yansıttığı için önemlidir ve bu nedenle İMK sisteminin seçiminde belirleyici kriterlerden biridir. Bir İMK sistemi için katlanılan toplam maliyeti hesaplamak için üç farklı aşamanın dikkate alınması gerekir: satın alma aşaması, kurulum aşaması ve bakım aşaması.

**Ölçeklenebilirlik:** Bu kriter, bir İMK sisteminin ölçeğine göre bir zaman aralığında konumlandırılabilen maksimum hedef sayısını ifade eder. Bu kriter, özellikle çok geniş alana ve çok sayıda işçiyeye sahip olan büyük ölçekli projeler için önemlidir. Ayrıca, düşük ölçeklenebilirliğe sahip sistemler daha fazla sayıda erişim noktası gerektirir ve bu da yerinde yerleşim yönetimi maliyetlerini artırabilir. Sistemin ölçeği, sistem tarafından kapsanan birim alan veya hacim başına erişim noktası sayısı olarak ifade edilebilen ortamdaki erişim noktalarının yoğunluğunu ifade eder.

**Tepki Süresi:** Tepki süresi, güncelleme hızının karşılığı, konum sorgusu gönderildikten sonra sistemin konum bilgilerini kullanıcıya ne kadar hızlı güncelleyebildiğini ölçer. Tepki süresinin önemi, hareket halindeki hedeflere zamanında konum bilgisi sağlayabilmesidir. Gecikmeli bilgi, zayıf bir konumlandırma doğruluğu ile sonuçlanır. Tepki süresi, makineler ve insanlar gibi hedefler genellikle hareket halinde çalıştığı için tersane açısından önemli bir kriterdir.

## 3. Uygulama

Sedef tersanesi için en uygun İMK teknolojisi seçimi, bulanık çok ölçütlü grup karar verme modeli olarak Bulanık COPRAS ve Bulanık MULTIMOORA yöntemleri kullanılarak karar verilmektedir. Önceki bölümde aşama aşama açıklanan Bulanık

MULTIMOORA ve Bulanık COPRAS yöntemlerinin uzman bir ekibin değerlendirmelerine dayalı uygulamadan elde edilen sonuçlar sayfa kısıtlaması nedeniyle kısa açıklamalarla takip eden kısımda sunulmaktadır. Bu çalışmada, kriterlerin derecelendirmelerini ve ağırlıklarını belirlemek için dilsel değişkenler kullanılmıştır. Daha sonra, bulanık küme teorisi ve karmaşık oransal değerlendirme birleşimine dayanarak çok kriterli karar verme yaklaşımı kullanılmaktadır. Son olarak, önerilen yaklaşımın SEDEF tersanesi için sayısal uygulama sonuçları sunulmaktadır.

Uygulamada, uzman görüşleri, seçilecek alternatifinin çoklu kriter altında değerlendirilmesinde bulanık dilsel ifade terimlerinden faydalanarak temsil edilmekte ve tercih yapıları üzerinde işlem yapmak amacıyla kullanılmaktadır. Teknolojilerin her bir kriterine göre performanslarını değerlendirmede Tablo 3'de verilen dilsel ifadeler kullanıldı. Önceki kısımda sunulan algoritmaların ilgili formülleri kullanılarak karar matrisleri elde edilir ve buna göre ağırlıklı normalize edilmiş indekslerin toplamları belirlenir. Sonuçlar sırasıyla Tablo 4 ve 5'te gösterilmektedir. Karşılaştırılan teknolojilerin önceliğini belirlemek için her bir teknolojinin önemi hesaplanır ve Bulanık Multimoor (oran metoduna göre) nihai sonuçlar Tablo 6'da sunulmaktadır. Yine takip eden kısımda Bulanık COPRAS hesaplama sonuçları Tablo 7 ve Tablo 8'de gösterilmektedir. Nihai sonuçlar ve alternatiflerin sıralama sırası Tablo 9'da gösterilmektedir.

### A. Bulanık MULTIMOORA Uygulama Sonuçları

Table 3. Başlangıç Matrisi

	K1			K2			K3			K4			K5		
S1	1	3	5	5	7	9	0	0	1	7	9	10	5	7	9
S2	3	5	7	0	1	3	0	1	3	9	10	10	0	0	1
S3	5	7	9	1	3	5	1	3	5	3	5	7	0	1	3
S4	3	5	7	0	1	3	1	3	5	7	9	10	1	3	5
S5	7	9	10	0	1	3	5	7	9	5	7	9	3	5	7

Table 4. Normalizasyon Tablosu ve elde edilen sonuçlar

	K1			K2			K3			K4			K5		
s1	0,04	0,12	0,21	0,34	0,47	0,61	0,00	0,00	0,07	0,22	0,29	0,32	0,30	0,42	0,53
s2	0,12	0,21	0,29	0,00	0,07	0,20	0,00	0,07	0,20	0,29	0,32	0,32	0,00	0,00	0,06
s3	0,21	0,29	0,37	0,07	0,20	0,34	0,07	0,20	0,33	0,10	0,16	0,22	0,00	0,06	0,18
s4	0,12	0,21	0,29	0,00	0,07	0,20	0,07	0,20	0,33	0,22	0,29	0,32	0,06	0,18	0,30
s5	0,29	0,37	0,41	0,00	0,07	0,20	0,33	0,46	0,59	0,16	0,22	0,29	0,18	0,30	0,42

Table 5. Öncelik Matrisine Göre Ağırlıklandırılmış Normalizasyon Tablosu

Enerji Tüketimi WK1 = (1/3)/((1/1)+(1/2)+(1/3)+(1/4)+(1/5))	0,145986
Ölçeklenebilirlik-WK2 = (1/5)/((1/1)+(1/2)+(1/3)+(1/4)+(1/5))	0,087591
Doğruluk-WK3 = (1/1)/((1/1)+(1/2)+(1/3)+(1/4)+(1/5))	0,437956
Maliyet-WK4 = (1/2)/((1/1)+(1/2)+(1/3)+(1/4)+(1/5))	0,218978
Tepki Süresi-WK5 = (1/4)/((1/1)+(1/2)+(1/3)+(1/4)+(1/5))	0,109489

Uzman görüşlerine göre kriter önem sıralaması:

Doğruluk-K3 > Maliyet-K4 > Enerji Tüketimi- K1 > Tepki Süresi- K5 > Ölçeklenebilirlik- K2 şeklinde olmaktadır.

Table 6. Bulanık Multimoora (Oran Metoduna Göre) Nihai Sonuç Tablosu

	Bulanık-Multimoora Oran Sistemi				
	yi			BNPyi	Sıra
S1	-0,0070	-0,0057	-0,0400	-0,0176	2
S2	0,0811	0,0657	0,0025	0,0498	1
S3	0,0167	-0,0325	-0,0883	-0,0347	4
S4	0,0321	-0,0178	-0,0805	-0,0221	3
S5	-0,0848	-0,1347	-0,1965	-0,1387	5

Bu sonuca göre Bluetooth temelli uygulamalar en uygun alternatif olarak ortaya çıkmaktadır.

#### B. Bulanık COPRAS Uygulama Sonuçları

Durulaştırma Aşaması: Başlangıç matrisine göre gerekli normalizasyon işlemleri sonrasında BNP formülasyonu kullanılarak durulaştırma yapılarak ve aşağıdaki tablo oluşur:

Table 7. Durulaştırma sonuçları

	K1 (Max)	K2 (Min)	K3 (Min)	K4 (Max)	K5 (Min)
S1	3	7	0,33	8,67	7
S2	5	1,33	1,33	9,67	0,333
S3	7	3	3	5	1,33
S4	5	1,33	3	8,67	3
S5	8,67	1,33	7	7	5

Ağırlıklı Normalizasyon Matrisi: Uzman görüşlerine göre belirlenen öncelik matrisi ile ağırlıklı normalizasyon tablosu oluşturulur:

Table 8. Ağırlıklı Normalizasyon sonuçları

	K1 (Max)	K2 (Min)	K3 (Min)	K4 (Max)	K5 (Min)
S1	0,438	0,613	0,146	1,898	0,766
S2	0,730	0,117	0,584	2,117	0,036
S3	1,022	0,263	1,314	1,095	0,146
S4	0,730	0,117	1,314	1,898	0,328
S5	1,265	0,117	3,066	1,533	0,547

Bulanık COPRAS genel toplamlar tablosu ve sıralamanın oluşturulması

Table 9. Genel Toplamlar Tablosu ve Sıralama sonuçları

	Si+	Si-	Qi	Pi	SIRA
S1	2,336	1,526	4,147	0,629	3
S2	2,847	0,737	6,595	1,000	1
S3	2,117	1,723	3,721	0,564	4
S4	2,628	1,759	4,198	0,637	2
S5	2,798	3,730	3,539	0,537	5

Bu sonuca göre, Bluetooth temelli uygulamaların en uygun alternatif olduğu görülür.

## 4. Tartışma

Tersane ortamının ayrıntılı bir analizi ve en uygun teknolojiyi seçmek için bir çalışma yürütmüştür. İMK sistemleri ile ilgili burada gerçekleştirilen uygulama hem SEDEF tersanesine hem de bilim alanına önemli bir katkı sağlamaktadır. Gerçekleştirilen tersane alanında uygulama ile Bulanık MULTIMOORA ve Bulanık COPRAS yöntemleri ile İMK teknolojileri değerlendirilerek en uygun teknolojinin belirlenmesi sağlanmıştır. Sonuç olarak, İMK teknolojileri karşılaştırılarak bazı önemli hususlar tespit edilmiştir: Öncelikle her bir İMK teknoloji daha iyi bir teknolojinin ortaya çıkmasının yolunu açtığından, hiçbir teknolojinin değersiz olmadığı söylenebilir.

Her İMK teknolojisinin en azından şimdilik kendi dezavantajları ve zorlukları vardır. Her yere uyan tek bir teknoloji yok. Bazı performans kriterleri açısından ödünleştirme yapılabilir; maliyet bazen ölçeklenebilirlik için feda edilebilir. Uygulamalarda hibrit konumlandırma şeklindeki eğilimler sözkonusu olabilir ve önemli bir süre için geçerli kalabilirler.

Hibrit konumlandırmada, birinin zayıflıkları başka bir İMK teknolojisinin güçlü yönleriyle maskelenerek mevcut sistemler iyileştirilebilir.

## 5. Sonuçlar

Çok kriterli karar verme, hem teorik hem de uygulama perspektiflerinden önem taşıyan bir yönelem araştırması konusudur. Bu çalışma kapsamında, önerilen yöntemlerin diğer yöntemlere nazaran kullanım kolaylığı ve hesaplama süresi elverişliliği gibi sebepler neticesinde Bulanık MULTIMOORA ve Bulanık COPRAS yöntemleri bir arada ve başlangıç matrisleri birlikte ele alınarak kullanım avantajı sağlamakta olup, yöntemler kıyaslandığında ortaya çıkan sonuç açısından yöntem tutarlılığı da açıkça görülmektedir. Çok ölçütlü grup karar verme süreci oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir, bu nedenle çözümlerin kolaylaştırılması gerekliliği burada kullanılan yöntemlerin bir avantajıdır. Bu konuda, Bulanık MULTIMOORA ve Bulanık COPRAS yöntemlerini kullanarak grup karar vermenin basitliği ve niceliksel bilgi türü bulunmaktadır. İMK teknolojilerinin performansları ortam içerisinde bulunan objelerden etkilendiği için, tersane ortamları için Radyo frekansı dışındaki diğer teknolojiler değerlendirmeye alınmamıştır. Yalnızca RF'na dayalı teknolojiler tersanelerin zor ortamlarında uygulanabilir teknolojiler olarak göz önüne alınarak değerlendirme yapılmıştır. Bunlar Wi-Fi, Radyo RFID, Bluetooth, ZigBee ve UWB teknolojileridir. Tersanelerde gösterebilecekleri performansı ile ilgili değerlendirmeler sonucunda, sahip olduğu özellikler bakımından Bluetooth teknolojisi diğerlerine göre bir adım öne çıkmaktadır. Çalışmanın gerçekleştirme aşamasında Bluetooth teknolojisine ek olarak uygun yerlerde görüntü ve kamera sistemleri ve Wi-Fi teknolojileri ile destek sağlanabileceği de ayrıca değerlendirilebilir. Önerilen modelin çok çeşitli karar alma uygulamalarında kullanılması beklenmektedir. Ayrıca, yöntem karar verme sürecinin doğruluğunu tasarımcının becerisine ve geçmiş deneyimine bağlı kılar. Bununla birlikte, hem farklı toplama operatörlerinin uygulanmasını hem de sezgisel bulanık sayıların uygulanmasını tanıtarak yöntemin genişletilmesi için daha ileri çalışmalar yararlı olabilir.

## 6. Teşekkür

Bu çalışma 1190128 proje numarası ile TÜBİTAK tarafından desteklenmektedir. Yazarlar TEYDEB 1511'a desteğinden dolayı teşekkür ederler.

## Referanslar

- [1] F. Zafari, A. Gkelias and K. K. Leung, "A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies," in IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 21, no. 3, pp. 2568-2599, thirdquarter 2019, doi: 10.1109/COMST.2019.2911558.
- [2] C. Liu, H. Wang, M. Liu and P. Li, Research and Analysis of Indoor Positioning Technology, 2021 4th International Conference on Advanced Electronic Materials, Computers and Software Engineering (AEMCSE), 2021, pp. 1212-1217, doi: 10.1109/AEMCSE51986.2021.00248.
- [3] WCSS. Simoes, GS. Machado, AMA Sales, MM de Lucena, N Jazdi, VF de Lucena, A Review of Technologies and Techniques for Indoor Navigation Systems for the Visually

- Impaired. *SENSORS*. 2020;20(14):3935. doi:10.3390/s20143935
- [4] A. Hameed and H. A. Ahmed, Survey on indoor positioning applications based on different technologies, 2018 12th International Conference on Mathematics, Actuarial Science, Computer Science and Statistics (MACS), 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/MACS.2018.8628462.
- [5] H.K. Lu, P.C. Lin K.C. Chu, et al. Development and evaluation of a Beacon-based indoor positioning and navigating system for the visually impaired. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*. 2019;37(4):4665-4675. doi:10.3233/JIFS-179301
- [6] S.He, Chan, S.H.G. Wi-Fi Fingerprint-Based Indoor Positioning: Recent Advances and Comparisons. *IEEE Commun. Surv. Tutor*. 2016, 18, 466–490.
- [7] L. Fasano, I. Sergi, A. Almeida, A. B. Jayo, P. Rametta and L. Patrono, Performance Evaluation of Indoor Positioning Systems based on Smartphone and Wearable Device, 2020 5th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), 2020, pp. 1-5, doi: 10.23919/SpliTech49282.2020.9243796.
- [8] J. C. R. Birsan, F. Moldoveanu, A. Moldoveanu, M. Dascalu and A. MORAR, Key Technologies for Indoor Positioning Systems, 2019 18th RoEduNet Conference: Networking in Education and Research (RoEduNet), 2019, pp. 1-7, doi: 10.1109/ROEDUNET.2019.8909406.
- [9] M. Rafiuzzaman, I. Çil, (2016). A fuzzy logic based agricultural decision support system for assessment of crop yield potential using shallow ground water table. *International Journal of Computer Applications*, 149(9), 20-31.
- [10]H. Palabıyık, I. Çil, and Toklu, M.C., Determining Firm Locations of Long-Term Interns with a Fuzzy Logic Approach: Application in the Applied Training Model. *Academic Platform Journal of Engineering and Science*, 8(1), 146-154.
- [11]M., Ünver, and I. Cil, (2020). Material selection by using fuzzy complex proportional assessment. *Emerging Materials Research*, 9(1), 93-98.
- [12]I. Cil, Y.S, Turkan, An ANP-based assessment model for lean enterprise transformation. *Int J Adv Manuf Technol* 64, 1113–1130 (2013). <https://doi.org/10.1007/s00170-012-4047-x>
- [13]S. Mun, M. Nam, J. Lee, K. Doh, G.Park, H. Lee, D. Kim, J. Lee, Sub-assembly welding robot system at shipyards; Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM); Busan, Korea. 7–11 July 2015; pp. 1502–1507.
- [14]S.F. Wong, Y. Zheng, The effect of metal noise factor to RFID location system; Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management; Bangkok, Thailand. 10–13 December 2013; pp. 310–314.
- [15]D.D. Deavours, Improving the near-metal performance of UHF RFID tags; Proceedings of the IEEE International Conference on RFID; Orlando, FL, USA. 14–16 April 2010; pp. 187–194.
- [16]M. Heiss, R. Hildebrant, High-temperature UHF RFID sensor measurements in a full-metal environment; Proceedings of the 2013 European Conference on Smart Objects, Systems and Technologies (SmartSysTech); Nuremberg, Germany. 11–12 June 2013.
- [17]M.Y. Kim, K. Ko, H.S. Cho, J. Kim, Visual sensing and recognition of welding environment for intelligent shipyard welding robots; Proceedings of the 13th IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems; Takamatsu, Japan. 31 Oct–5 Nov 2000; pp. 2159–2165.
- [18]S. Kawakubo, A. Chansavang, S. Tanaka, T. Iwasaki, Wireless network system for indoor human positioning; Proceedings of the 1st International Symposium on Wireless Pervasive Computing; Phuket, Thailand. 16–18 January 2006.
- [19]C. Pérez-Garrido, F.J. González-Castaño, D. Chaves-Díez, P.S. Rodríguez-Hernández, Wireless remote monitoring of toxic gases in Shipbuilding. *Sensors*. 2014;14:2981–3000. doi: 10.3390/s140202981.
- [20]M.A. Do Amaral Bichet, E.K.Hasegawa, R.Solé, A. Núñez, Utilization of hyper environments for tracking and monitoring of processes and supplies in construction and assembly industries; Proceedings of the Symposium on Computing and Automation for Offshore Shipbuilding (NAVCOMP); Rio Grande, Brazil. 14–15 March 2013; pp. 81–86.
- [21]M. Lu, W. Chen, X. Shen, H.-C. Lam, J. Liu, Positioning and tracking construction vehicles in highly dense urban areas and building construction sites, *Autom. Constr.* 16 (5) (2007) 647–656, <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2006.11.0>
- [22]C.T. LI, J. C. P. CHENG, K. CHEN, Top 10 technologies for indoor positioning on construction sites. *Automation in Construction*, 1, 118, 2020. DOI 10.1016/j.autcon.2020.103309.
- [23]M.M. Fouladgar, A., Yazdani-Chamzini, A., Lashgari, E. K., Zavadskas, Z.Turskis, (2012). Maintenance strategy selection using AHP and COPRAS under fuzzy environment. *International Journal of Strategic Property Management*, 16(1): 85-104.
- [24]B.,Oztaysi, C., Kahraman, S. C.,Onar, & I.Otay, (2020). Indoor location tracking technology evaluation by using spherical fuzzy TOPSIS method. In *Developments of Artificial Intelligence Technologies in Computation and Robotics: Proceedings of the 14th International FLINS Conference (FLINS 2020)* (pp. 173-181).
- [25]L.,Doulos, A.,Tsangrassoulis, & F. V. Topalis, (2014). Multi-criteria decision analysis to select the optimum position and proper field of view of a photosensor. *Energy conversion and management*, 86, 1069-1077.