

# ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ VE KARAYOLU ŞANTIYE YERİ SEÇİMİNE İLİŞKİN BİR UYGULAMA

Çağın KARABIÇAK<sup>1</sup>

Ali İhsan BOYACI<sup>2</sup>

Mehlika KOCABAŞ AKAY<sup>3</sup>

Burcu ÖZCAN<sup>4</sup>

**Özet:** Karayolu yapım firmalarının aldıkları proje tipi işlerin başarılı bir şekilde geliştirilip, uygulanmasında "planlama süreci" kritik bir önem taşır. Bu süreç, ön planlama ve detay planlama olarak iki aşamada değerlendirilebilir. Ön planlama aşaması, yol yapım inşaat projesine başlanmadan önce yapılan faaliyetleri içerir. Bu faaliyetler: temel stratejilerin oluşturulması, proje maliyetinin hesaplanması, şantiye kuruluş yerinin seçimi, proje gereği kullanılacak araç, metot ve kaynakların temini gibi konuları içerir. Bu faaliyetler arasından şantiye yeri seçimi, maliyetleri ve verimliliği doğrudan etkilediğinden üzerinde çalışılması gereken önemli bir konudur.

Karayolu yapım firmaları doğru şantiye yerini belirlemek için birbiri ile çelişen kriterler altında çeşitli alternatifler arasından seçim yapmak durumundadırlar. Bu nedenle şantiye yeri seçimi problemi, çok kriterli bir karar verme problemi olarak ele alınabilir. Bu karar verme problemi sayısal verileri içerdiği gibi sayısal olmayan verileri de içermektedir. Böylesi sayısallaştırılamayan değişkenleri içeren belirsiz durumlar için klasik karar verme yöntemleri yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, daha doğru ve kesin sonuçlar elde edebilmek için dilsel değişkenleri bulanık sayılarla ifade edilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada, Bilecik-Adapazarı karayolu yapımı için güzergâh üzerinde belirlenen alternatifler arasından en uygun şantiye yeri seçilmiştir. Karayolu yapım firmasının şantiye yeri seçimi problemi için karar vericiler tarafından yapılan sözel değerlendirmelerde yer alan belirsizliği ortadan kaldırabilmek amacıyla bulanık sayılar kullanılmıştır. Alternatiflerin değerlendirilmesi amacıyla çok kriterli karar verme yöntemlerinden Bulanık AHP ve TOPSIS yöntemleri birlikte uygulanmıştır. Bu yöntemlerden Bulanık AHP ile kriterler ağırlıklandırılmış, TOPSIS yöntemiyle de alternatifler uygunluklarına göre sıralanmıştır. Değerlendirme sonucunda, kriterlerden en önemlileri ortaya konularak alternatif şantiye alanları içinden tercih sıralaması yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bulanık AHP, Yol Yapım Şantiye Yeri Seçimi, TOPSIS.

**Jel Kodu:** C<sub>6</sub>, L<sub>74</sub>, L<sub>92</sub>

<sup>1</sup> Arş.Gör.,Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fak. Endüstri Mühendisliği Bölümü, S.yazar, cagink@kocaeli.edu.tr

<sup>2</sup> Arş.Gör.,Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fak. Endüstri Mühendisliği Bölümü, ali.ihsan@kocaeli.edu.tr

<sup>3</sup> Arş.Gör.,Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fak. Endüstri Mühendisliği Bölümü, mehlika.kocabas@kocaeli.edu.tr

<sup>4</sup> Yrd. Doç. Dr.,Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fak. Endüstri Mühendisliği Bölümü, burcu.ozcan@kocaeli.edu.tr

# MULTI CRITERIA DECISION MAKING METHODS AND AN APPLICATION FOR SELECTION HIGHWAY CONSTRUCTION SITE

**Abstract:** "Planning process" has critical importance for developing and implementing project type jobs received by highway construction companies. This process can be assessed in two stages as pre-planning and detailed scheduling. Preliminary planning phase includes activities carried out before beginning of the highway construction project. These activities include: the developing of basic strategy, calculation of the project cost, the choice of site location, topics such as the provision of tools, method and resources need to be used in project. The site location selection from these activities is an important issue that should be studied because it directly affects the costs and efficiency.

Highway construction companies must choose the most suitable location site from several alternatives under conflicting criteria. Therefore, construction site location selection problem can be considered as a multi-criteria decision-making problem. This decision making problem includes both numerical and non-numerical data. Classical decision-making methods cannot be sufficient for uncertain situations involving these non-numerical variables. Therefore, in order to achieve more accurate and precise results, linguistic variables must be expressed by fuzzy numbers.

In this study, most suitable construction site location is chosen from pre-determined alternatives for Bilecik-Adapazarı highway. For the highway construction companies' site location selection problem, fuzzy numbers are used to eliminate uncertainty in the assessment of verbal expressions made by decision-makers. From multi-purpose decision-making methods, Fuzzy AHP and TOPSIS are used together in order to evaluate alternatives. From these methods, Fuzzy AHP is used for weighting criteria, and TOPSIS is used for sorting alternatives by suitability. At the end of the study, all the evaluations show the ranking within the preferred alternative construction sites according to important criteria

**Key Words:** Highway Construction Site Selection, Fuzzy AHP, TOPSIS.

## 1. GİRİŞ

Ülkelerin çok yönlü kalkınmaları göz önüne alındığında karayolu ağının sağladığı ulaşım kolaylığı önemli bir güç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ülkeye dengeli yayılmış, yeterli uzunlukta, fiziki standartları iyi bir yol ağının varlığı, dolayısıyla böyle bir yol ağının sağladığı erişebilirlik ve ulaşım kolaylığı çevresindekiler ve ülke için ticari, sosyal ve ekonomik gelişmeler gibi birçok olanağı da beraberinde getirmektedir (Yayla, 2002; Dilek ve Kandemir, 2013:19)

Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) yatırım programları incelendiğinde son yıllarda Ulaştırma Bakanlığı yatırımlarının yaklaşık %70'ini tüm kamu yatırımlarının ise %25-30'unu KGM yatırımları oluşturmaktadır (Ünal, 2014).

Karayolu; her türlü taşıt ve yaya ulaşımı için oluşturulmuş ve kamunun yararlanmasına açık olan arazi şerididir. Karayolu projeleri, genellikle karayolu kullanıcılarının veya hizmetinden

yararlananların, ekonomik ve sosyal refahını arttırmak amacıyla gerçekleştirilmektedir (Uysal,2011). Karayolları trafiği bölünmüş ve bölünmemiş yollar üzerinde gerçekleşmektedir. Bölünmüş yol; bir yönden gelen trafiğin karşı yönden gelen trafikle orta ayırıcı, korkuluk ve benzeri fiziksel bir engel kullanılarak ayrılan yollar olarak ifade edilmektedir (Yayla, 2002).

Yapılacak projenin, emniyetli bir şekilde, zamanında, şartnamesine uygun olarak yapılan ve bu yapım ile ilgili her türlü faaliyetin teknik şartnamelere, her türlü ilgili çalışma mevzuatlarına uygun olarak planlanıp uygulandığı yere ve bitirilmesini sağlamak için insanların, tesislerin, makinaların, araç ve gereçlerin bir araya getirilerek düzenlenen ortama şantiye denir (Erdem, 2008).

Karayolu şantiyeleri proje konusu olarak, otoyollar, şehir içi - şehirlerarası karayolları, tüneller, altgeçitler, üstgeçitler, kavşaklar, viyadükler gibi karayolu yapıları için oluşturulan inşaat alanlarıdır.

Karayolu şantiyelerinde yolun uzunluğu ya da kavşak, viyadük gibi bağlayıcı elemanların sayısı kurulacak şantiye sayısını, yani şantiyelerin parçalı oluşunu etkiler. Bu da genel anlamda kontrolü ve bütünlüğü olumsuz etkileyen bir faktördür.

Ulaştırma şantiyelerinde en önemli dezavantaj hat uzunluğuna bağlı olarak çok geniş ve kimi zaman farklı bölgelere dağılmış çalışma alanlarının gerekliliğidir. Yani çalışma alanının parçalı oluşu, yekpare olmayışıdır (Rezaei, 2015).

Bir şantiyenin kurulma amacı, projenin en kısa sürede ve optimum düzeyde malzeme, işçilik ve enerji kullanımı ile inşa edilmesidir. İyi bir şantiye hazırlanabilmesi bilgi ve deneyimin yanı sıra titiz bir çalışmaya bağlıdır (Baytop, 2007).

Şantiyenin yer seçimi, büyüklüğü, kapsadığı tesislerle şantiye için gerekli ekipmanlar, projenin yapısı ve şartlara göre her projede değişiklik gösterebilir. Bir şantiyenin ön planlanması aşamasında, şantiyede yapılan çalışmaların çeşit ve özelliklerine çalışılan ve yaşanan bir yer olduğu kriteri de değerlendirmek gerekmektedir. Bunun yanı sıra, doğa koşulları ve şantiye çeşitlerinin ulaşım koşulları da seçim konusunda önemli kriterlerdendir.

Özellikle şantiyelerin şehir içi ve şehir dışı olarak konumlandırılmaları çeşitli avantaj ve dezavantajları beraberinde getirmektedir. Şehir içi şantiyelerinin tercih edilmesi durumunda özel izinler ve kamu örgütleriyle iş birliği yapılması gerekmektedir. Şehir dışı şantiyelerinin tercih edilmesi durumunda ise, ekonomik masrafları artıran ulaşım problemleri ortaya çıkmaktadır. Özellikle büyük çaplı projelerde şantiyede çalışacak elemanların sayısı ve onların kalacağı yerler, iş makineleri ve ekipmanların kapasiteleri, sayıları, malzeme stok alanları ve yol, su, elektrik, pis su, drenaj gibi alt yapı gereksinimlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Şantiye çeşitleri genel olarak bina, köprü, viyadük, baraj, liman, tünel, yol inşaatı şantiyeleri olarak sınıflandırılmaktadır. Ulaştırma şantiyeleri, ulaşım sistemlerinin altyapılarının inşası sırasında kurulan geçici tesislerdir (Yılmaz, 2009).

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, genel olarak ulaşım proje ve problemlerinin ele alındığı ve karayolu inşaat projelerinin çeşitli kriterlere göre seçimine yönelik olarak değerlendirme ve analiz modellerinin oluşturulduğu ve çok amaçlı karar verme yöntemlerinin kullanıldığı görülmüştür.

Nguyena vd, (2015) çalışmalarında ulaşım projelerinde karmaşıklığı ölçmek ve değerlendirmek için sistematik bir yaklaşımla, Faktör Analizi kullanılarak, proje karmaşıklığı;

sosyo-politik, çevresel, örgütsel altyapı, teknolojik, ekonomik ve ölçek olarak altı bileşene indirgenmiş ve proje bileşenlerinin ağırlığını belirlemek üzere AHP yaklaşımı kullanılmıştır. Meeampol ve Ogunlana, (2006) Tayland'daki otoyol projelerinde zaman ve maliyet performansını etkileyen faktörleri inceledikleri çalışmalarında çizelgeleme yönetiminin önemli bir rol oynadığını belirtmişlerdir. Nogues ve Gonzales, (2014) çalışmalarında, otoyol projelerini sıralamak için bölge nüfusu, ekonomisi, çevresi gibi bütünleşik faktörlerin potansiyel etkilerini göz önüne alarak çok kriterli bir model sunmaktadır. Taylan vd., (2014) çalışmalarında inşaat projelerinin seçim ve risk değerlendirilmesinde zaman, maliyet, güvenlik, kalite ve çevresel sürdürülebilirlik olmak üzere beş faktör belirlemişler ve Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Pan, (2008) en uygun köprü inşaatı metodu seçimine yönelik olarak Bulanık AHP yöntemini kullandığı çalışmada kalite, maliyet, güvenlik, süreklilik ve arazi yapısı kriterlerini ele almıştır.

Bayraktar ve Hastak, (2009), Karayolu çalışma bölgesi projelerinde optimal yapım stratejilerini seçmek için oluşturdukları karar destek sistemi çalışmada performans kriterleri olarak maliyet, kalite, çizelgeleme, kamusal memnuniyet ve güvenlik kriterlerini belirlemişlerdir. Zayed vd. (2008), AHP kullanarak Çin otoyol projelerinde risk ve belirsizlik doğasının değerlendirilmesi çalışmada bir risk modeli oluşturulmuş ve tasarlanan model 4 firma seçilerek uygulanmış ve sonuçlar test edilmiştir. Wu ve Shen, (2012), Bulanık Gri İlişki Analizine dayalı Karayolu İnşaatı Güvenliği Değerlendirme Modeli oluşturdukları çalışmalarında modeldeki indeks ağırlıklarını belirlemede AHP kullanmışlardır.

Monghasemi vd. (2015) çalışmalarında, zaman, maliyet ve kalite kriterlerine göre şantiye projesi çizelgelemesinin performansını, önerilen çok kriterli melez model ile inceleyerek en etkin çizelgelemeyi gerçekleştirmişlerdir.

Xu and Song (2015), santral yapımları için gerekli şantiye tesisleriyle ilgili çalışmalarında çok amaçlı dinamik optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Li vd. (2015) tarafından şantiye yerleşim düzeni ve güvenlik planlaması problemine dinamik çok amaçlı bir model tasarlanmış ve modelin etkinliği bir hidroelektrik santralinde uygulanarak test edilmiştir.

Kalamaras vd., 5 farklı karayolu güzergâhı seçiminde dört ana kriter ele alarak AHP yöntemini, Ning vd., ise şantiye yeri seçimi probleminde Bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır (Espino vd., 2015).

Sağır ve Doğanalp (2016), Alternatif enerji kaynakları olarak yenilenebilir enerji, fosil enerji ve nükleer enerji kaynakları arasından Türkiye'de enerji üretimi için en uygun enerji kaynağını belirleme amacıyla yaptıkları çalışmada Bulanık TOPSIS yönteminden yararlanmışlardır.

Rahman vd., (2012) optimal yol kaplama malzemeleri seçimi için Bilgi Tabanlı Karar Destek Sistemi geliştirmişler ve çalışmalarında TOPSIS yöntemini kullanmışlardır.

### **3.ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİ**

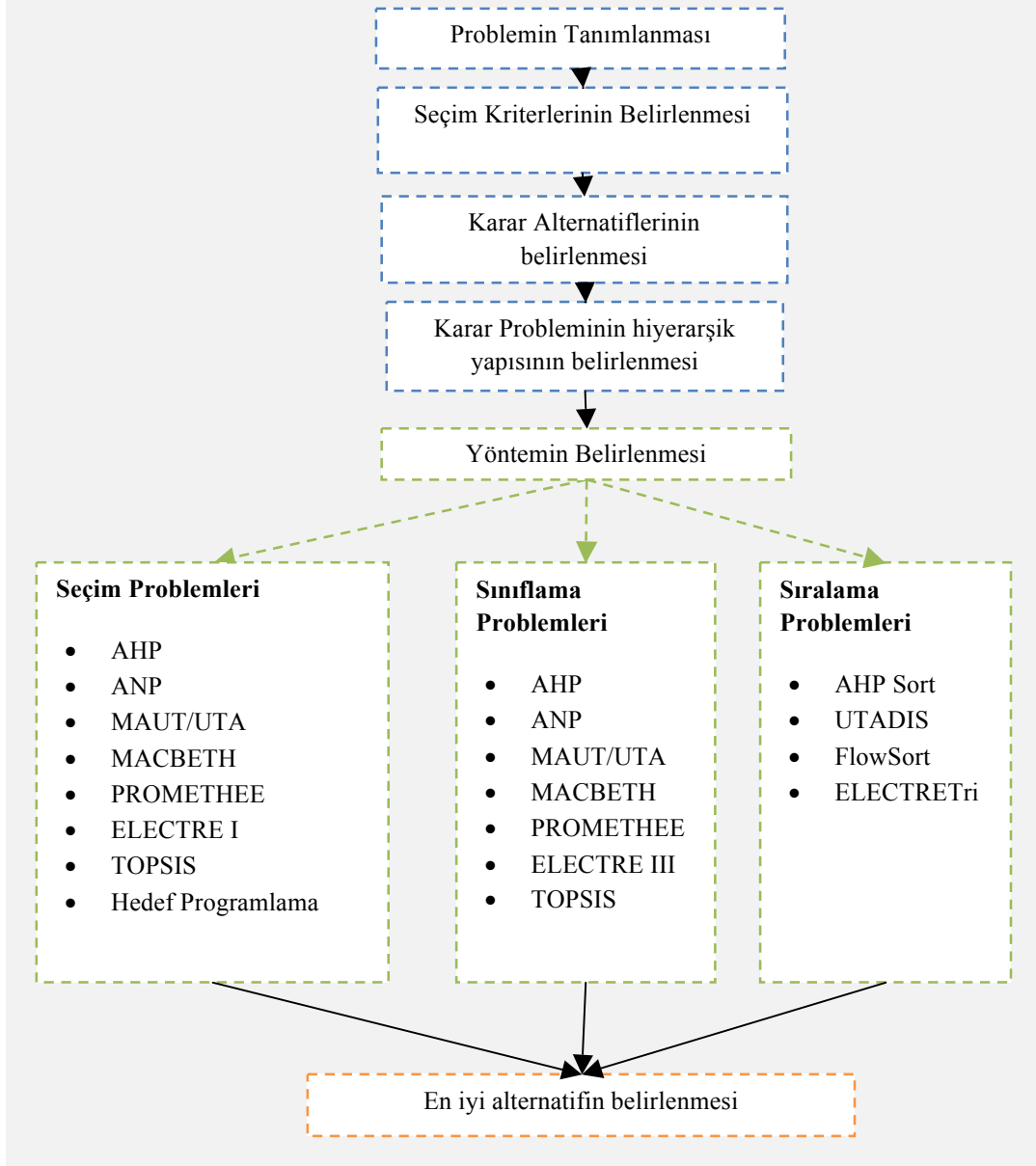
Çok Kriterli karar verme problemleri üç temel başlık altında incelenebilir. Bu problemler seçim sınıflama ve sıralamadır. (Vassilev vd., 2005)

Seçim problemlerindeki amaç alternatiflerin içinden en iyisini belirlemek ya da birçok alternatifin bulunduğu birbiri ile kıyaslanmanın zor veya eşit ağırlıklara sahip bir küme içerisinde iyi bir seçimin yapılmasıdır. Kısaca doğru alternatifin alternatif küme içerisinde seçilmesinden ibarettir.

**Sınıflama Problemleri:** Bu tür problemlerde alternatifler, belirli kriter ya da tercihlere göre sınıflanırlar Buradaki amaç benzer özellikleri ve davranışları gösteren alternatiflerin tekrar bir araya getirilmesidir.

**Sıralama Problemi:** Sıralama problemlerinde alternatifler iyiden kötüye doğru ölçülebilir ya da tanımlanabilir. (Yıldırım ve Önder, 2014)

**Şekil 1:** Çok kriterli karar verme süreci

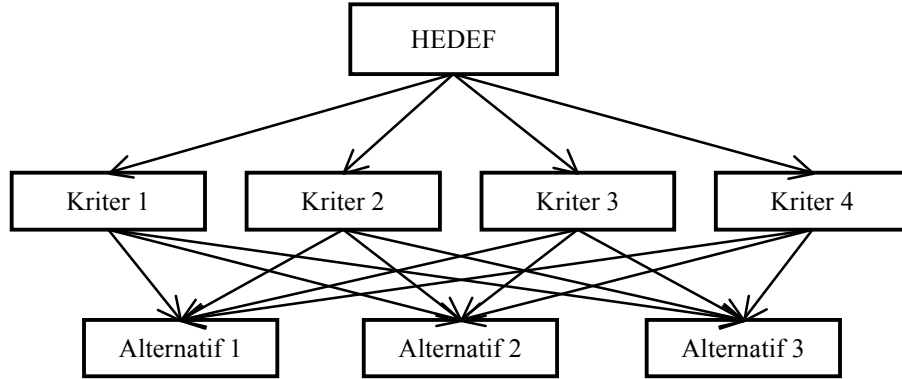


#### 4. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (BAHP)

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Thomas L. Saaty (Saaty, 1990), tarafından geliştirilmiş ve günümüzde karmaşık karar problemlerinin çözümü için yaygın bir şekilde kullanılan çok kriterli karar verme yöntemidir. AHP, özellikle öğeler arasında karmaşık ilişkilerin bulunduğu sistemlerde, ilişkileri hiyerarşik bir yapıda (Şekil 2) ifade ederek basitleştirdiği için, karar vericilere kolaylık sağlamaktadır (Göktolga ve Gökalp, 2012). Bununla beraber kolay

anlaşılabilir ve uygulanabilir olması nedeniyle AHP literatürde birçok karar probleminde öncelikli olarak tercih edilmiş ve birçok alanda uygulanmıştır (Ho, 2008).

**Şekil 2:** AHP modeli için örnek hiyerarşi yapısı (Saaty ve Vargas, 2001).



Bulanık AHP (BAHP) yöntemi ise klasik AHP sürecinin belirsizlik durumunda karar vermeye daha uygun olması için bulanık mantıkla birleştirilmesi sonucu ortaya çıkmıştır. BAHP’de dilsel değişkenleri daha iyi temsil edebilen bulanık sayılar kullanılmaktadır. Literatürde önerilmiş çeşitli BAHP metotları mevcuttur, bunlardan bir tanesi de Chang tarafından ortaya konulmuştur. Chang üçgensel bulanık sayıları kullanan bulanık boyut analizi metodunu önermiştir (Heo ve diğ., 2012). Çalışma da bu yöntemin uygulanması esnasında kullanılan ve ikili karşılaştırmalarda önem derecelerini temsil eden bulanık üçgensel sayılar ve eşlenikleri Tablo 2’de verilmektedir.

**Tablo 1.** BAHP için önem ölçeği

Önem derecesi	Tanım	Bulanık Önem derecesi	Bulanık önem derecesi eşleniği
1	Eşit önemli	(1,1,1)	(1/1,1/1,1/1)
3	Biraz daha fazla önemli	(1,3,5)	(1/5,1/3,1/1)
5	Kuvvetli derecede önemli	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)
7	Çok kuvvetli derecede önemli	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)
9	Kesinlikle önemli	(7,9,9)	(1/9,1/9,1/7)

$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  nesnel kümesi ve  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$  bir hedef kümesi olsun. Chang’ın boyut analizi yöntemine göre, her bir nesne ele alınarak her bir hedef için  $g_i$  değerleri oluşturulur. Böylece, her bir nesne için M genişletilmiş analiz değerleri;

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

olarak elde edilebilir. Buradaki  $M_{g_i}^j$ , ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) değerleri üçgensel bulanık sayılardır. Bu bilgiler ile Chang’ın boyut analizi yöntemi adım adım şu şekilde ifade edilebilir (Kahraman vd., 2004; Chang vd., 2007).

**Adım 1:** Bulanık yapay büyüklük değeri  $i$ . nesneye göre şu şekilde tanımlanmaktadır;

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (2)$$

$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j$  ifadesini elde etmek için, bulanık sayılarda toplama işlemini belirli bir matris için şu şekilde gerçekleştirilebilir:

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

$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j]^{-1}$  ifadesini elde etmek için ise,  $M_{g_i}^j$ , ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) değerleri üzerinde bulanık toplama işlemi yapılmalıdır.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = (\sum_{j=1}^n l_j, \sum_{j=1}^n m_j, \sum_{j=1}^n u_j) \quad (4)$$

Bu adımın son aşaması ise Eşitlik 4'deki vektörün tersinin hesaplanmasıdır.

$$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{j=1}^n u_j}, \frac{1}{\sum_{j=1}^n m_j}, \frac{1}{\sum_{j=1}^n l_j} \right) \quad (5)$$

**Adım 2:**  $M_1 = (l_1, m_1, u_1) \leq M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  ifadesinin olasılık derecesini şu şekilde tanımlayabiliriz:

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad (6)$$

$M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  ve  $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  üçgensel bulanık sayıların olasılık derecesini şu şekilde de tanımlanabilir;

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & , m_2 \geq m_1 \\ 0 & , l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & , \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (7)$$

Buradaki  $V(M_2 \geq M_1)$  ifadesi  $M_1$  ve  $M_2$  üçgensel (konveks) bulanık sayıların kesişim noktasının üyelik fonksiyonu değerini ifade etmektedir. Ayrıca  $M_1$  ve  $M_2$ 'yi karşılaştırmak için  $V(M_2 \geq M_1)$  ve  $V(M_1 \geq M_2)$  değerlerinin her ikisinin de bulunması gerekir.

**Adım 3:**  $M$  konveks bulanık sayısının olasılık derecesinin,  $k$  adet konveks bulanık sayıdan ( $M_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, k$ ) daha büyük olması şu şekilde tanımlanabilir:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1), (M \geq M_2), \dots, (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i), i = 1, 2, \dots, k \quad (8)$$

$k = 1, 2, \dots, n$  için  $i \neq k$  olmak üzere,  $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$  olarak alındığında kriterler için ağırlık vektörü aşağıdaki gibi verilebilmektedir:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (9)$$

**Adım 4:** Bir önceki adımda elde edilen ağırlık vektörü normalize edilerek aşağıdaki vektör elde edilir.

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (10)$$

## 5. TOPSIS YÖNTEMİ

TOPSIS yöntemi literatürde sıklıkla kullanılan çok kriterli karar verme yöntemlerinden bir tanesidir (Eleren, 2007:281). Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilen bu yöntemin temelinde çözüm alternatifinin pozitif-ideal çözüme en kısa mesafede ve negatif-ideal çözüme en uzak mesafede yer alan alternatiflerin seçilmesi yer almaktadır (Uygurtürk ve Korkmaz, 2012). TOPSIS yöntemi 7 adımdan oluşan bir çözüm sürecini içermektedir. Söz konusu adımlar aşağıda yer almaktadır (Supçiller ve Çapraz, 2011).

**Adım 1:** Problemin tanımlanması, kriterlerin ve alternatiflerin belirlenmesi

İlk olarak karar probleminin hedefi, seçim alternatifleri ve seçim konusunda etkili olduğu düşünülen kriterler belirlenmeli ve net bir şekilde açıklanmalıdır.

**Adım 2:** Karar matrisinin oluşturulması

Karar matrisinin satırlarında seçilecek karar alternatifleri, sütunlarında ise karar vermede etkili olduğu düşünülen kriterler yer almaktadır. Bu matris, karar vericilerin her bir çözüm alternatifini bütün kriter bazında puanlandırılmasından oluşur ve şu şekilde gösterilebilir.

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & \cdots & d_{1k} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & \cdots & d_{2k} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & \cdots & d_{3k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{n1} & d_{n2} & d_{n3} & \cdots & d_{nk} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Bu matriste  $d_{ij}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ,  $j = 1, 2, \dots, k$ ) i. alternatifin j. kriter bazında puanını ifade etmektedir.

**Adım 3:** Normalleştirilmiş karar matrisinin elde edilmesi

Normalleştirilmiş karar matrisi D matrisinin elemanlarının her biri ilgili sütunda bulunan bütün elemanların kareli ortalamasına bölünerek elde edilir. Bunun aşağıdaki formülden yararlanılabilir.

$$r_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n d_{ij}^2}}, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad j = 1, 2, \dots, k \quad (12)$$

Normalleştirilmiş karar matrisi (R) aşağıda verilmektedir.

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1k} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \cdots & r_{2k} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & \cdots & r_{3k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & \cdots & r_{nk} \end{bmatrix} \quad (13)$$

**Adım 4:** Ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinin elde edilmesi

Kriterlere ilişkin ağırlık vektörü (W) belirlendikten sonra R matrisinin her bir sütunu bu vektörün ilgili elemanı ile çarpılarak ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisi (V) elde edilir.

$$V = \begin{bmatrix} v_{11} & v_{12} & v_{13} & \cdots & v_{1k} \\ v_{21} & v_{22} & v_{23} & \cdots & v_{2k} \\ v_{31} & v_{32} & v_{33} & \cdots & v_{3k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ v_{n1} & v_{n2} & v_{n3} & \cdots & v_{nk} \end{bmatrix} \quad (14)$$

**Adım 5:** Pozitif ideal ve negatif ideal çözümlerin oluşturulması

Pozitif ideal çözüm, ağırlıklı normalleştirilmiş karar matrisinin her bir kritere göre en iyi değerlerinden oluşurken, negatif ideal çözüm en kötü değerlerinden oluşur.  $A^*$ , pozitif ideal çözüm vektörünü,  $A^-$ , negatif ideal çözüm vektörünü ifade etmek üzere bu vektörler Eşitlik 15 ve 16 ile hesaplanabilir.

$$A^* = \{(maks v_{ij} | j \in I), (min v_{ij} | j \in J)\} \quad (15)$$

$$A^- = \{(min v_{ij} | j \in I), (maks v_{ij} | j \in J)\} \quad (16)$$

Bu formüllerde I en büyüklenecek kriterlerin kümesini, J ise en küçüklenecek kriterlerin kümesini içermektedir (Shyjith ve diğ., 2008).

**Adım 6:** Pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkların belirlenmesi



Pozitif ideal ve negatif ideal noktalar belirlendikten sonraki adım her bir alternatifin bu noktalara olan uzaklıklarını hesaplamaktır. Uzaklıklar Eşitlik 17 ve 18 kullanılarak hesaplanabilir.

$$S_i^* = \sqrt{\sum_{j=1}^k (v_{ij} - v_j^*)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (17)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^k (v_{ij} - v_j^-)^2}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (18)$$

Bu denklemlerde  $v_j^*$ , j. kritere göre pozitif ideal noktayı  $v_j^-$ , j. kritere göre negatif ideal noktayı temsil etmektedir.

**Adım 7:** Alternatiflerin ideal çözüme göreli uzaklıklarının belirlenmesi

Her bir alternatifin pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklık değerleri kullanılarak ve eşitlik 19'dan yararlanılarak ideal çözüme göreli uzaklığı hesaplanır.

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^- + S_i^*}, \quad 0 \leq C_i^* \leq 1 \quad (19)$$

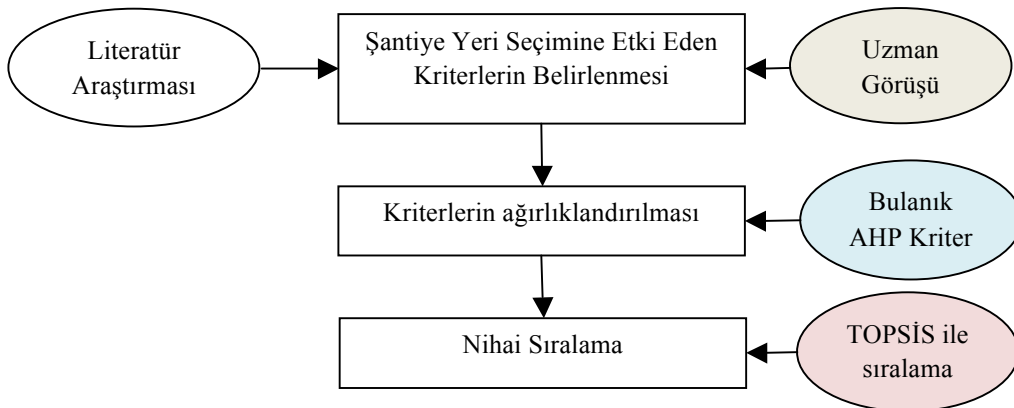
Son olarak elde edilen uzaklık değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanarak alternatiflerin uygunluk sırası belirlenmiş olur.

## 6. ÇALIŞMANIN MODELİ

Çalışma konusu olarak seçilen karayolu inşaatı şantiyeleri kombine şantiyelerdendir. Bir merkez tesisi, ambarlar, makine parkı, teknik servis gibi birimleri bünyesinde barındırmaktadır. Yol inşaatı yapılan karayollarında, belirlenen ve ağırlıklandırılmış kriterler göz önüne alındığında seçilen uygun bir yerde yol inşaatı şantiyesi kurulmaktadır.

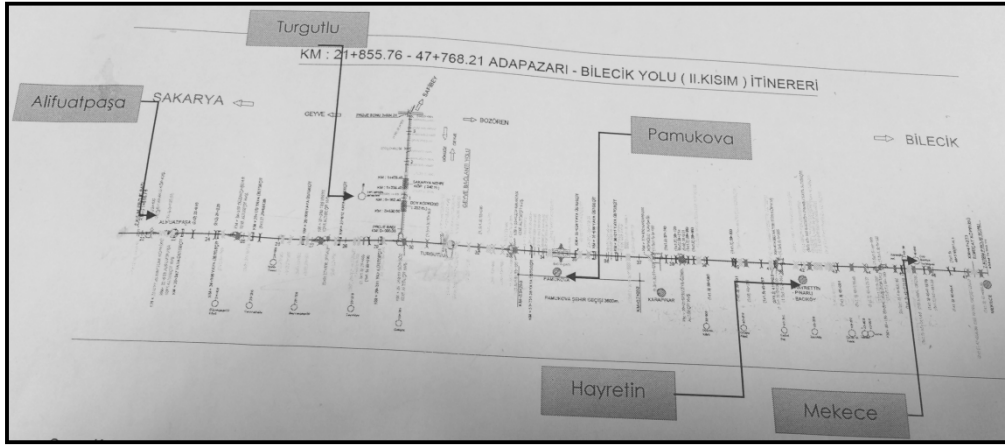
Bu çalışmada, karayolları yol yapım projeleri için gerekli olan şantiye yeri seçiminde çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan Bulanık AHP yöntemi kriter ağırlıklarının belirlenmesi için, TOPSİS yöntemi ise alternatif şantiye kuruluş yerlerinin sıralandırılması için kullanılmıştır. Şekil 3'de görüldüğü üzere, şantiye tesisi kurulacak bölgede ihtiyaç duyulan ve dikkate alınması gerekli olan kriterler belirlenip, bu kriterlerin ağırlık ve önem derecelerine göre karar hiyerarşisi oluşturulmuştur. Bu hiyerarşik yapıyı oluşturan tüm kriterlerin ikili karşılaştırmaları yapılarak karar vericinin tercih değerleri saptanmıştır.

**Şekil 3.** Çalışmanın Adımları



Çalışmada, Resim 1'de görüldüğü şekilde Adapazarı Bilecik bölünmüş yolunun ikinci kısmı için şantiye yeri seçimi yapılmıştır.

**Resim 1. Adapazarı - Bilecik Bölünmüş Yolu Haritası**



Resim 1. Adapazarı - Bilecik Bölünmüş Yolu Haritası

Bu amaçla alternatif şantiye alanları arasından en uygun olanını seçmek için Tablo 3’de görüldüğü üzere üç ana, dokuz alt kriter belirlenmiştir.

**Tablo 3. Şantiye Seçimine Etki Eden Ana ve Alt Kriterler**

Ana Kriterler	Alt Kriterler
Konum (KO)	Otoyol inşaat sahasının merkezine yakınlık (İSMY) Hammadde kaynaklarına yakınlık (HKY) Yerleşim merkezlerine yakınlık (YMY)
Şantiye alanının uygunluğu(ŞAU)	Alanın büyüklüğü (AB) Arazi yapısı (AY) Güvenlik (G) İçme suyu temini ve Atık su bertaraf (İST, ASB)
Enerji temini(ET)	Elektrik enerjisi temini (EET) Akaryakıt istasyonlarına yakınlık (AİY)

**Konum (KO):** Bu kriterde otoyol şantiye yeri alternatiflerinin konumları; otoyol inşaat sahasının merkezine yakınlığı, hammadde kaynaklarına yakınlığı ve yerleşim merkezlerine yakınlığı açılarından değerlendirilmektedir.

İnşaat sahasının merkezine yakınlık kriteri; şantiye sahasında depolanan malzemelerin taşıma maliyetleri ve çalışanların, çalışma sahasına ulaşım kolaylığı açısından değerlendirilmektedir.

Hammadde kaynaklarına yakınlık kriteri; şev kazıkları, dolgu malzemesi, bitüm, çimento, çakıl vb. gibi malzemelerin şantiye sahasına taşınması açısından değerlendirilmektedir.

Yerleşim merkezlerine yakınlık kriteri; çalışanların barınma, yeme-içme, dinlenme olanaklarının sağlanması, sağlık kurumlarına ulaşım, çeşitli sosyal imkânların bulunması açılarından değerlendirilmektedir.

**Şantiye Alanının Uygunluğu (ŞAU):** Bu kriterde otoyol şantiye alanının uygunluğu kriteri; alanın büyüklüğü (AB), arazi yapısı (AY), güvenlik (G), içme suyu temini ve atık su bertaraf (İST-ASB) açılarından değerlendirilmektedir.

Alanın büyüklüğü kriteri; Çalışılan alanın şantiyeye uzaklığına göre çalışanların konaklama ve yeme-içme yerleri, makine parkı, mesai dışında park edilecek alanlarının büyüklüğü açılarından değerlendirilmektedir.

Arazi yapısı kriteri; Çalışılan arazinin topoğrafik yapısı ve yaya trafiği, şantiye içi servis yollarının güzergâhı, içme suyuna ulaşım kolaylığı açılarından değerlendirilmektedir.

Güvenlik kriteri; Şantiye alanının güvenliği ve çalışanların güvenliği olarak iki başlık altında incelenebilir. Şantiye alanını çevirecek kapatma perdesi, çit, uyarı levhaları ve bekçi bulunması, dışarıdan gelebilecek tehlikelerin ve rahatsızlık verebilecek durumların önlenmesi ile çalışanların iş elbisesi, baret gibi donanımlara sahip olması açılarından değerlendirilmektedir (Sunguroğlu, 1996).

Atık su bertaraf kriteri; Kanalizasyon ve fosseptik yerleri, tesisatlar ihtiyacı karşılayacak kapasitede olmaları açısından değerlendirilmektedir.

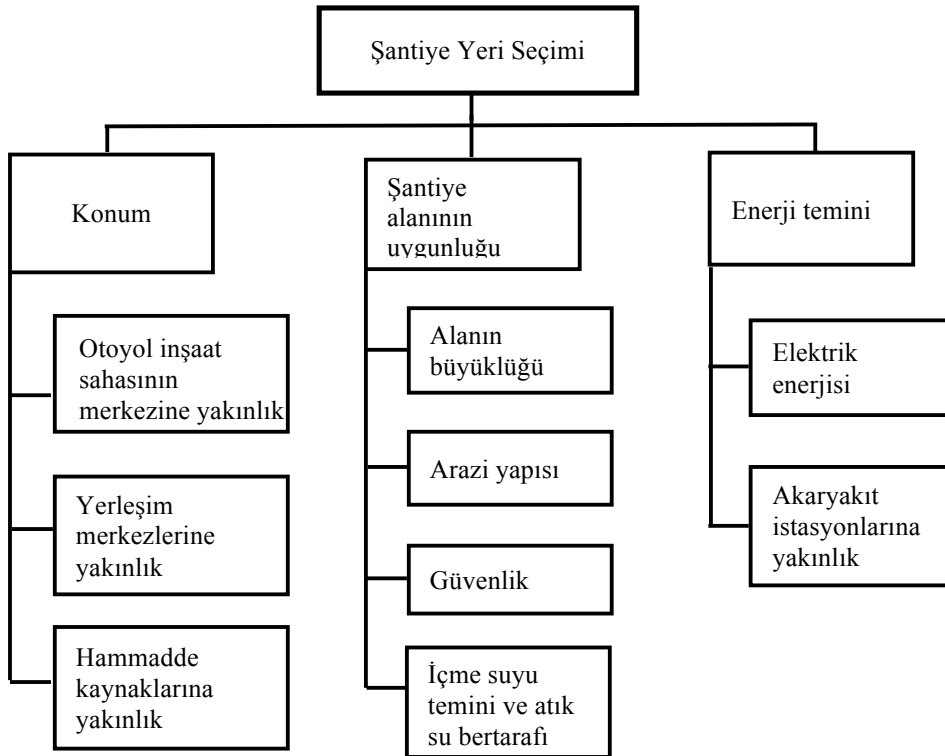
**Enerji Temini (ET):** Bu kriter; elektrik enerjisi temini (EET) ve akaryakıt istasyonlarına yakınlık (AİY) açılarından değerlendirilmektedir.

Elektrik enerjisi temini kriteri, Şantiyede elektrikle kullanılacak makineleri ve çevre aydınlatma ile tesislerin aydınlatmaları dikkate alınarak enerji ihtiyacının çevredeki enerji hattından mı yoksa jeneratörle mi karşılanacağı açılarından değerlendirilmektedir.

Akaryakıt istasyonlarına yakınlık kriteri, iş makinalarının akaryakıt ikmallerini en kolay şekilde gerçekleştirebilecekleri istasyonlara yakınlık açısından değerlendirilmektedir.

Şekil 3'de çalışmanın modelinin hiyerarşik yapısı görülmektedir.

**Şekil 3.** Çalışma modelinin hiyerarşik yapısı



Uzmanların değerlendirmeleri sonucunda ana ve alt kriterlerin ağırlıkları Tablo 4'de özetlendiği şekilde elde edilmiştir.

**Tablo 4.** Ana ve alt kriterlerin ağırlıkları

Ana kriterler		Alt kriterler		Genel Ağırlıklar
Kriter	Ağırlık	Kriter	Ağırlık	
KO	0,549	İSMY	0,492	0,269
		HKY	0,389	0,213
		YMY	0,120	0,067
ŞAU	0,338	AB	0,411	0,139
		AY	0,343	0,116
		G	0,134	0,045
		ASB	0,112	0,038
ET	0,113	EET	0,700	0,079
		AİY	0,300	0,034

Ağırlıklar Tablo 4’de verildiği şekilde hesaplandıktan sonra, TOPSIS yöntemi ile alternatiflerin her biri kriterler bazında değerlendirilerek Tablo 5’te verilmiştir.

**Tablo 5.** Alternatiflerin kriterlere göre puanlandırılması

ALTERNATİFLER	İSMY	HKY	YMY	AB	AY	G	İST, ASB	EET	AİY
Alifuatpaşa	4	7	6	5	6	7	6	7	3
Turgutlu	7	6	4	4	4	4	8	9	6
Pamukova	10	6	7	8	7	5	7	8	5
Hayretin	6	5	8	6	5	8	5	4	7
Mekece	3	4	3	7	8	5	6	5	3

İdeal çözüme yakınlığı açısından sıralama Tablo 6’da görüldüğü gibi elde edilmiştir.

**Tablo 6.** Alternatiflerin sıralanması

Alternatifler	Pozitif ideal çözüme uzaklık	Negatif ideal çözüme uzaklık	İdeal çözüme uzaklık	Tercih sıralaması
Alifuatpaşa	0,12	0,06	0,34	4
Turgutlu	0,08	0,09	0,51	2
Pamukova	0,02	0,15	0,86	1*
Hayretin	0,09	0,07	0,43	3
Mekece	0,14	0,05	0,24	5

## 7. SONUÇ

Günümüzde gerek bireysel gerekse yönetsel anlamda karar verilirken çok sayıda kriterin aynı anda ele alınması gerekmektedir. Çok kriterli karar verme, karar vericiye çok boyutlu karar problemlerini değerlendirip, karar verme olanağı sağlayan, sosyal bilimler, ekonomi, yönetim, mühendislik gibi birden çok disiplinin bir arada kullanıldığı bir yapıdır.

Karar problemlerinin zaman boyutu anlamında kısa, orta ve uzun vadede değerlendirilmesi gerekir. Kısa vadedeki kararlar daha taktiksel, Orta vadede ki kararlar yönetsel, Uzun vadede deki kararlar ise daha çok stratejik düzeyde olmaktadır. Uzun vadede gerçekleşen stratejik karar problemlerine örneklerden biri yer seçimi problemidir. Yer seçimi problemleri gerek hizmet sektöründe gerekse üretim sektöründe karşımıza çıkmaktadır. Yer Seçimi problemlerine; şantiye, fabrika, depo, üniversite, havaalanı yeri seçimi gibi çok sayıda örnek verilebilir.

Bu çalışmada şantiye yeri seçimi problemi ele alınmıştır. Şantiye tesisleri, yapılacak projenin niteliğine göre toplu halde veya farklı yerlerde çeşitli üniteler halinde düşünülebilir. Özellikle

yol, baraj gibi büyük ve yaygın işlerde şantiye tesisleri çeşitli kriterler açısından değerlendirilerek en uygun yerde veya birden fazla yerde kurulması yararlı olmaktadır. Adapazarı Bilecik bölünmüş yolunun ikinci kısmı için şantiye yeri seçimi probleminin ele alındığı bu çalışmada, belirlenmiş olan alternatif şantiye alanları arasından en uygun olanını seçmek amaçlanmaktadır.

Çalışmada ayrıca, karayolundaki projelendirme ve çok kriterli karar verme yöntemlerinin birlikte kullanıldığı akademik makaleler incelenmiş ve en yaygın olarak kullanılan yöntemler belirlenmiştir. İnşaat sektöründe Çok Kriterli Karar Verme uygulamaları incelendiğinde öne çıkan yöntemler AHP, ANP, Electre, Veri Zarflama Analizi ve TOPSIS olarak sıralanmaktadır.

Şantiye yeri seçimi için belirlenmiş olan çok kriterli karar verme yöntemlerinin uygulanması aşamasında üç temel ve dokuz alt kriter ortaya konulmuştur. Bu kriterler göz önünde bulundurularak karayolu inşaatı şantiye yeri seçimi için en çok uygulanan çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan Bulanık AHP ve TOPSIS bir arada kullanılmıştır. Bulanık AHP yöntemiyle kriterler ağırlıklandırılmış, TOPSIS yöntemiyle de alternatif şantiye alanları sıralanmıştır. Değerlendirme sonucunda kriterlerden en önemlileri, otoyol inşaat sahasının merkezine yakınlık, hammadde kaynaklarına yakınlık ve alan büyüklüğü olarak ortaya çıkmıştır. Alternatifler ise tercih sıralamasına göre Pamukova, Turgutlu, Hayretin, Alifuatpaşa ve Mekece olarak belirlenmiştir.

Uzman görüşleri ve literatürden yararlanarak belirlenmiş olan şantiye yeri seçim kriterleri bundan sonraki çalışmalara temel teşkil edecektir.

## Kaynakça

- Baytop, F., (2007), **Şantiyecilik**, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul .
- Chan, F. T. S; Kumara, N.; Tiwarib, M. K.; Lau, H. C. Choy and W., K. L.,(2007) “Global Supplier Selection: A Fuzzy-AHP Approach”, **International Journal of Production Research**, 14, 1-33.
- Dilek, Serkan and Kandemir, Orhan (2013). “In the Process of Global Crisis The Importance of Tourism In Decreasing Regional Development Differences: An Evaluation of Kastamonu Province In Turkey”, **International Journal of Management and Innovation**, 5(1), 12-30.
- Eleren, Ali (2007), “Kuruluş Yeri Seçiminin Fuzzy TOPSİS Yöntemiyle Belirlenmesi: Deri Sektörü Örneği”, **Akdeniz İİBF Dergisi**, 13, 280-295
- Erdem, A.F.,(2008), “Toplu Konut Şantiyelerinde Şantiye Mobilizasyonu ile Organizasyonu ve Bir Uygulama”, **Yüksek Lisans Tezi**, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Espino, D.; Lopez, E., Hernandez J. and Jordana, J., (2014), “A Review of Application of Multi Criteria Decision Making Methods in Construction”, **Automation in Construction**, 45, 151-162.
- Göktolga Z.G. ve Gökalp B., (2012), “İş Seçimini Etkileyen Kriterlerin ve Alternatiflerin AHP Metodu İle Belirlenmesi”, **C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi** 13(2), 71-86.
- Heo E.; Kim J. and Cho S., (2012), “Selecting Hydrogen Production Methods Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process with Opportunities, Costs and Risks”, **International Journal of Hydrogen Energy**, 37, 17655-17662.
- Ho, W., (2008). “Integrated Analytic Hierarchy Process and Its Applications-A literature Review”, **European Journal of Operational Research**, 186, 211-228.

- Hwang C. L. ve K. Yoon, (1981), **Multiple Attributes Decision Making Methods and Applications**, Berlin: Springer.
- Kahraman, C.; Cebeci, U. ve Ruan, D.,(2004) “Multi Attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey”, **International Journal of Economics**, 171-184.
- Li, Z.; Shen, W.; Xu, J. ve Lev, B., (2015), “Bilevel and Multi-Objective Dynamic Construction Site Layout And Security Planning”, **Automation in Construction**, 57, 1-16.
- Meeampol, S. and Ogunlana, S.O., (2006), “Factors Affecting Cost and Time Performance on Highway Construction Projects: Evidence from Thailand.”, **Journal of Financial Management Property and Construction**, 11 (1), 3-20.
- Monghasemi S.; Nikoo M.R.; Fasaee M.A.K. and Adamowski J., (2015), “A novel multi criteria decision making model for optimizing time cost quality trade-off problems in construction projects”, **Expert Systems with Applications**, 42, 3089-3104.
- Nguyena, An T.; Nguyenb, L. D.; Le-Hoaic, L. and Dangd, C. N., (2015), “Quantifying the Complexity of Transportation Projects Using the Fuzzy Analytic Hierarchy Process” **International Journal of Project Management**, 33(6), 1364-1376.
- Nogues, S. and Gonzales E., (2014), “Multi-criteria Impacts Assessment for Ranking Highway Projects in Northwest Spain”, **Transportation Research Part A** , 80-91.
- Pan, N. F., (2008), “Fuzzy AHP Approach for Selecting The Suitable Bridge Construction Method”, **Automation in Construction**, 17, 8, 958-965.
- Rahman, S.; Odeyinka, H.; Perera, S. and Bi, Y., (2012), “Product-cost Modelling for the Development of a Decision Support System for Optimal Roofing Material Selection”, **Expert Systems with Applications**, 39, 6857-6871.
- Rezaei, R. , Şantiye Çeşitleri, Erişim Tarihi:20/05/2015,  
<https://rezashirzad.files.wordpress.com/2012/02/c59fantiye-c3a7ec59fitleri3.pdf>
- Saaty, T. L. and Vargas G. L., (2001), “Model, Methods, Concepts & Applications of The Analytic Hierarchy Process”, **Kluwer’s International Series**. Massachusetts, USA.
- Sağır H., ve Doğanalp B., (2016), "Bulanık Çok-Kriterli Karar Verme Perspektifinden Türkiye için Enerji Kaynakları Değerlendirmesi", **Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 11, 233-256.
- Shyjith, K.; Ilangkumaran, M. and Kumanan, S., (2008), “Multi-criteria Decision-making Approach to Evaluate Optimum Maintenance Strategy in Textile Industry”, **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, 14(4), 375-386.
- Sunguroğlu, K., (1996), **Yapı İşletmesi Şantiye Tekniği Maliyet Hesapları**, Bilim Yayınları, Ankara.
- Supçiller, A. A, ve Çapraz, O., (2011), “AHP-TOPSIS Yöntemine Dayalı Tedarikçi Seçimi Uygulaması”, **Ekonometri ve İstatistik**, 12. **Uluslararası Ekonometri, Yöneylem Araştırması, İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı**, 13, 131–22.
- Taylan, O.; Bafail A.,O.; Abdulaal, M.S. and Kabli M.,R., (2014), “Construction Projects Selection and Risk Assessment by Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methodologies”, **Applied Soft Computing**, 17, 105-116.

Uygurtürk, H. ve Korkmaz T., (2012), “Finansal Performansın TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi İle Belirlenmesi: Ana Metal Sanayi İşletmeleri Üzerine Bir Uygulama”, **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi**, 7(2), 95-115.

Uysal, N., S., (2011), “Karayolu Çalışmalarının Çevresel Etkilerinin Değerlendirilmesi ve Alınması Gereken Önlemler”, **Yüksek Lisans Tezi**, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Ünal, L., (2014), “Karayolu Projelerinin Büyüklüklerine Göre Sınıflandırılması”, **3. Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi Bildiriler Kitabı**, Akdeniz Üniversitesi, Antalya.

Vassilev V.; Genova K. and Vassileva M., (2005) "A brief Survey of Multicriteria Decision Making Methods", **Bulgarian Academy of Sciences Cybernetics and Information Technologies**, 5(1), 4.

Wu, Z. and Shen R., (2012), “Safety Evaluation Model of Highway Construction Based on Fuzzy Grey Theory”, **Procedia Engineering**, 45, 64-69.

Xu, J. and Song, X., (2015), “Multi-objective Dynamic Layout Problem for Temporary Construction Facilities with Unequal-area Departments under Fuzzy Random Environment”, **Knowledge-Based Systems**, 81, 30-45.

Yayla, N., (2002), **Karayolu Mühendisliği**, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Yıldırım B.F. ve Önder E., (2014), **Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri**, Dora Yayıncılık, Bursa.

Yılmaz, D., (2009), “İstanbul Kent İçi Ulaştırma Şantiyelerinde Şehir Şantiyeciliği Bağlamında İSG (İş Sağlığı Ve Güvenliği) Ve ÇYS (Çevre Yönetim Sistemi) Uygulamalarının Durumu”, **Yüksek Lisans Tezi**, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Zayed, T.; Amer, M. and Pan, J., (2008), “Assessing Risk and Uncertainty Inherent in Chinese Highway Projects Using AHP”, **International Journal of Project Management**, 26(4), 408-419.

**Extended Abstract:** "Planning process" has critical importance for developing and implementing project type jobs received by highway construction companies. This process can be assessed in two stages as pre-planning and detailed scheduling. Preliminary planning phase includes activities carried out before beginning of the highway construction project. These activities include: the developing of basic strategy, calculation of the project cost, the choice of site location, topics such as the provision of tools, method and resources need to be used in project. The site location selection from these activities is an important issue that should be studied because it directly affects the costs and efficiency.

Highway construction companies must choose the most suitable location site from several alternatives under conflicting criteria. Therefore, construction site location selection problem can be considered as a multi-criteria decision-making problem. This decision making problem includes both numerical and non-numerical data. Classical decision-making methods cannot be sufficient for uncertain situations involving these non-numerical variables. Therefore, in order to achieve more accurate and precise results, linguistic variables must be expressed by fuzzy numbers.

In this study, most suitable construction site location is chosen from pre-determined alternatives for Bilecik-Adapazarı highway. For the highway construction companies' site

location selection problem, fuzzy numbers are used to eliminate uncertainty in the assessment of verbal expressions made by decision-makers. From multi-purpose decision-making methods, Fuzzy AHP and TOPSIS are used together in order to evaluate alternatives. From these methods, Fuzzy AHP is used for weighting criteria, and TOPSIS is used for sorting alternatives by suitability.

The study organized as follows; in first section an introduction is given to explain why this subject has been studied and how important is, section 2 includes an overview of highway construction studies. In section 3, multi criteria decision making processes have been explained and in section 4 fuzzy AHP method, in section 5 TOPSIS method are briefly explained. Then in section 6, the steps of the proposed approach are summarized. Finally in section 7, the results of the application of the approach are presented and some suggestions for future studies are mentioned.

The study also examined the project in highway and academic papers that combines multi-criteria decision-making methods and the most widely used method is determined. In particular way, the great common tasks such as dam construction sites and facilities, it will be useful to be installed in multiple locations. The problem deal with site selection for Second part of Adapazari Bilecik way construction, which aims to select the most appropriate set of alternative construction sites.

The project examined the highway and academic papers that combines multi-criteria decision-making methods and the most widely used method is determined. When the Multi-Criteria Decision Making applications in the construction industry examined methods AHP, ANP, Electra, DEA and TOPSIS can be ranked as the most used. In this study, for implementation of the multi-criteria decision-making methods, three main and nine sub criteria have been identified as selection criteria for Construction Site location selection. The most used multi-criteria decision making methods fuzzy AHP and TOPSIS are used together. Fuzzy AHP method of weighted criteria, listed alternative construction sites by TOPSIS method. By the assessments, the most important evaluation criteria are as follows; closeness to the centre of the highway construction site, closeness to raw material sources and field size. According to the criteria, the order of the alternatives as Pamukova, Turgutlu, Hayretin, Alifuatpaşa and Mekece. The selection criteria that are determined by this study will form a basis for the further criteria.