

İNŞAAT PROJELERİNDE BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ İLE KARAR VERME

Yrd. Doç. Dr. Emre İPEKÇİ ÇETİN

Akdeniz Üniversitesi, İİBF, (ecetin@akdeniz.edu.tr)

Yasin AKİL

Akdeniz Üniversitesi, SBE, (yasin_akil@hotmail.com)

Ayşe Işıl GÜLER

Akdeniz Üniversitesi, SBE, (isilguler@hotmail.com)

ÖZET

Karar verme, işletmelerin tüm kademelerinde büyük önem taşımakla birlikte pek çok kararın içgüdülere bağlı ve sezgisel olarak verildiği görülmektedir. Ancak yapılan çalışmalar çok ölçütlü ve önemli kararların alınmasında sezgisel yolların yeterli olmadığını göstermektedir. Özellikle yatırım kararları gibi işletmelerin geleceğini etkileyen konularda karar verme daha da önemli bir boyut kazanmaktadır. Bu çalışmada inşaat sektöründe alternatifler arasında en uygun yatırım alanının seçilmesi problemi üzerinde durulmaktadır. Çok amaçlı bir karar verme problemi şeklinde ele alınan uygulamada Antalya'da faaliyet gösteren bir inşaat firmasının konut inşaatı yeri için arsa seçim problemine bulanık analitik hiyerarşi sürecinden faydalanılarak çözüm aranmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci, Çok Amaçlı Karar Verme, Yatırım Kararı, İnşaat Projeleri.

DECISION MAKING WITH FUZZY ANALYTIC HIERARCHY PROCESS IN CONSTRUCTION PROJECTS

ABSTRACT

Decision making is very important at every stage of companies, nonetheless, a lot of decision are made instinctively and heuristically. Studies show that heuristic ways are not sufficient for important and multi-criteria decisions making. Decision making becomes more important especially in investment decisions which affect the future of the companies. This paper dwells upon the problem of the optimum investment place selection through many alternatives at construction industry. Selection of the building plot for a structure company in Antalya is considered as a multi-criteria decision making problem and it is tried to be solved by using fuzzy analytical hierarchy process.

Keywords: Fuzzy Analytic Hierarchy Process, Multi Objective Decision Making, Investment Decision, Construction Projects.

1. Giriş

Bilimde ve mühendislikte süregelen problemlerden biri verilen durumları göz önüne alarak en uygun kararın nasıl verileceğidir. Gerçek yaşam problemlerinde genellikle karar aşamasında birden fazla alternatif ve göz önüne alınması gereken birden fazla ölçüt vardır. Bu durumda çok amaçlı karar verme (ÇAKV) probleminden bahsedilir. ÇAKV analizi ile çok sayıda ölçüt ve alternatifin bir araya getirilerek eş zamanlı olarak çözülebilmesi sağlanmaktadır. İnşaat sektöründe de etkin kararın alınmasını gerektiren pek çok problemle karşılaşmaktadır. Sektörün yatırımların tekrarlanamaz oluşu, çevresel faktörlerden etkilenmesi, her projede üretimin değişmesi, çeşitli tipte ve büyüklükte riskler altında olması gibi kendine has özellikleri vardır. İnşaat firmalarının kendilerine has özelliklere sahip bir sektöre dahil olmaları ve ülkemizin ekonomik açıdan istikrarsız bir yapıya sahip olması, söz konusu firmaları zaten kısıtlı olan kaynaklarını en ekonomik şekilde kullanma yönünde zorlamaktadır. Bu nedenle inşaat projelerinin yönetiminde pek çok unsurun göz önüne alınarak dikkatli davranılması gerekmektedir (Antucheviéienė vd., 2010; Tür vd., 2005; Kuruoğlu & Ezcan, 2005).

Literatürde ÇAKV yöntemlerinin inşaat sektöründeki uygulamalarına bakıldığında Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yönteminin (Saaty, 1980) kullanışlı bir karar verme aracı olarak sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. AHP’de karar vericinin amacı doğrultusunda belirlediği ölçütlere bağlı olarak alternatifler ikili karşılaştırma matrisleriyle değerlendirilerek önem dereceleri belirlenir. Öncelik ve ağırlık vektörleri hesaplandıktan sonra her bir alternatif için öncelik değeri bulunur. En büyük önceliğe sahip olan alternatif en iyi alternatif olarak değerlendirilir.

İnşaat sektöründeki AHP uygulamalarına bakıldığında; Akadiri vd. (2013), yapıların tasarımında sürdürülebilir malzeme seçimi için genişletilmiş bulanık AHP (BAHP) yöntemini kullanmışlardır. Yapı sektöründe uzmanlaşmış kişilere uygulanan anketlerle ölçütlerin göreceli önem dereceleri değerlendirilmiş ve 6 bağımsız değerlendirme faktörüne dönüştürülmüştür. BAHP ile belirlenmiş ölçütlerin öncelikleri ve ağırlıkları belirlenmiştir. Sürdürülebilir yapı malzemelerinin seçiminde önerilen modelin bina tasarımcıları için bir rehber olarak kullanılabilmesi belirtilmiştir. Ömürbek & Tunca (2013), grup kararı verilmesinde AHP ve Analitik ağ süreci (ANP) yöntemlerinden faydalanmışlardır. Çalışmada Isparta’da faaliyette bulunan ve belirtilen hazır beton firmaları ile çalışan yedi inşaat firması ile görüşülerek, bu firmalara ikili karşılaştırmalar yaptırılmıştır. Bu amaçla uzman görüşleri de dikkate alınarak kalite, fiyat, ödeme koşulları, konum ve firma imajı üzere beş ölçüt göz önüne alınarak dört alternatif firma değerlendirilmiş ve ideal hazır beton firmasının belirlenmesine çalışılmıştır. Tekçe & Dikbaş’ın çalışmasında (2011), Türk yüklenici inşaat firmaları için performansın, kendi perspektiflerinden ölçülmesi için AHP yönteminden faydalanılmıştır. Çok ölçütlü performans ölçme modeli, performans boyut ve performans kriterlerinden oluşan 3 düzeyli hiyerarşik bir yapıda oluşturularak yüklenici inşaat firması yöneticilerine performans ölçme sistemlerini oluştururken kullanabilecekleri kapsamlı ve yararlı bir araç önerilmiştir. Tezcan (2007), hazır beton tesisi yatırımı için arazi ve bölge seçiminde AHP yöntemini kullanmıştır. Bunun için bir hazır beton firmasının başlıca 4 ana ve iki alt ölçüte göre A,B,C bölgelerinden kendisi için en uygun bölgeyi seçmiştir. Shapira & Goldenberg (2005), ev içi inşaat projesinde anahtar bir faktör olan teçhizat seçimi üzerinde AHP temelli olarak durmuşlardır. Bunun için 4 ana ölçüt ve 18 alt ölçütü 3 alternatif arasında değerlendirmişlerdir. Fong & Choi (2000), müteahhit

seçiminde AHP yöntemini 8 ana ölçüt ve 15 alt ölçüt içererek kullanmışlardır. Ölçütler arasında müteahhidin finansal kaynakları olduğu gibi geçmişte yaptığı çalışmalardan güvenliğe kadar pek çok ölçüt bulunmaktadır. Her bir adayın her bir ölçüt için performansı karşılaştırılarak proje için en uygun müteahhidin belirlenmesi yoluna gidilmiştir. Bu çalışmaların yanı sıra bir arazi kullanımı için uygun bir alanın belirlenmesinde kapsamlı bir biçimde saptanmış amaç ve faktörlerin birlikte düşünülmesini gerektiren yer seçimi problemlerinde AHP'nin bir yöntem olarak kullanıldığı görülmektedir (Erden & Coşkun, 2011). Aydın'ın (2009) çalışmasında, hastane için en uygun yerin belirlenmesi amacıyla Bulanık AHP'nin kullanımı önerilmiştir. Vahidnia vd. (2009) yine hastane yeri seçiminde bulanık AHP ile coğrafik bilgi sistemi analizini bir arada kullanarak hastane yeri seçimi problemine çözüm aramışlardır. Wu vd. de (2007) Tayvan hastanelerinin yeri için optimal seçimi yapabilmek maksadıyla avantaj sağlayıcı bir yöntem olarak AHP'yi kullanmışlardır.

AHP yöntemi pazarlamadan yönetime, ekonomiden politikaya kadar pek çok alanda uygulamalara sahiptir (Sipahi & Timor, 2010). Geleneksel AHP, kesin yargılar üzerinden hareket etmektedir. Ancak karşılaştırma sürecinin doğasından ötürü karar vericiler ikili karşılaştırmalarını sabit bir değer olarak belirlemektense bir aralık üzerinden ifade etmeyi veya sözel olarak gerçekleştirmeyi tercih etmektedirler (Akman & Alkan, 2006). Kesin olmayan ve belirsiz durumları içeren gerçek yaşam problemlerinde klasik karar verme problemleri yetersiz kaldığından bulanık karar verme yöntemlerini kullanmak daha uygun olmaktadır (Wang vd., 2008; Öztürk vd., 2008). Bu nedenle bu çalışma da Bulanık AHP yöntemi tercih edilmiştir.

Bu çalışmada Antalya'da faaliyet gösteren bir inşaat firmasının konut inşaatı yeri için arsa seçim problemine çözüm aranmıştır. Konut yeri yapılmasına uygun arsa seçiminde, karar vericilerin pek çok ölçütü ve alternatifi göz önünde bulundurmaları gerekmektedir. Belirli ölçütler göz önüne alınarak verilecek kararlarda kaynakların daha verimli ve etkin kullanılabilmesi için özenli ve dikkatli davranılması gerekmektedir. Çalışmada inşaat firmasının yatırım kararı sürecine bulanık analitik hiyerarşi yöntemi (BAHP) ile katkıda bulunulması hedeflenmiştir.

Çalışmada öncelikle inşaat firması için önemli bulunan ölçütler ve arsa alternatifleri belirlenmiştir. Daha sonra Bulanık AHP yönteminin genel çerçevesi ile ilgili genel bilgiler verilmiştir. Son olarak ölçütler ve alternatifler dilsel değişkenler ve bulanık sayılar kullanılarak ikili karşılaştırma matrisleriyle değerlendirilmiştir. İnşaat firmasının belirlediği aday arsalar belirledikleri ölçütler ışığında değerlendirilerek Bulanık AHP yöntemiyle firma için en uygun inşaat yeri belirlenmeye çalışılmıştır.

2. İnşaat Yeri Seçiminde Ölçütler ve Hiyerarşik Yapı

İnşaat firmaları inşaat yapacakları arsayı belirlerken çeşitli ölçütleri dikkate almakta ve birçok alternatif içinden seçim yapmaya çalışmaktadırlar. Bu özellikleriyle birçok amaçlı karar verme haline dönüşen problem karar vericiye göre değişen öneme sahip ölçütleri kapsayabilmektedir (Öcal & Gönen, 2004; Öztürk & Batuk, 2007). Bu ölçütler karar vericiler tarafından değişkenlik gösterebilir.

Bu çalışmada Antalya'da faaliyet gösteren bir inşaat firmasının kendi yatırım kararına çözüm aranmıştır. Bu nedenle bu firmanın yetkilileri ile yapılan yüz yüze görüşmeler neticesinde geçmiş birikimlerinin bir sonucu olarak kendi kararlarını verirken önemli buldukları

2 ana ölçüt ve bu ana ölçütlere bağlı belirli alt ölçütler tespit edilmiştir. Arsaların bulunduğu bölgeler ve inşaat için arsanın karakteristik özellikleri arsa değerlendirme ve seçme sürecine doğrudan etki etmektedir. Çalışmada bölgenin özellikleri ve arsanın özellikleri olmak üzere 2 ana ölçüt ve bu ana ölçütlere ait toplam 10 alt ölçüt ele alınmaktadır. Bulunan bu ölçütler farklı yatırımcılar tarafından da kullanılabileceği gibi her yatırımcı için farklı ölçütlerle de benzer analiz yapılabilir. Bu çalışma Kamu İhale Sözleşmeleri Kanunları kapsamında yapılan ve uygulanan kamusal işler için seçimin devlet tarafında yapılması durumu dikkate alınmamak suretiyle yalnızca özel inşaat ve özel yapım işleri için düşünülerek uygulanmıştır.

2.1. Bölgenin Özellikleri

İlçe –Şehir Merkezine Yakınlık (İ-Ş MY): Bir arsanın şehir merkezine veya ilçenin merkezine olan yakınlığı inşaat firmasının arsa seçiminde olumlu bir etki yapmaktadır. Merkezi yerlerde olan veya merkezlere yakın olan arsalar inşa edilecek olan konutlar, çeşitli imkânlarla ulaşmada önemli oranda kolaylık sağlamasından dolayı potansiyel müşteriler için tercih sebebi olmaktadır.

Sosyal ve Ticari Alanlara Yakınlık (S-T AY): Sosyal ve ticari alanlar kendi çevrelerinde bir cazibe ve çekim merkezi oluşturmaktadırlar. Bu nedenle, bu alanlara yakın olan arsalar inşa edilecek olan konutlar, müşteri taleplerine olumlu etki etmektedir. Bu özellikteki arsalar inşaat firmaları tarafından tercih edilmektedir.

Bölgenin Ekonomik Yapısı (BEY): Bölgedeki yerleşik nüfusun gelir düzeyinin yüksekliği genel olarak o bölgedeki emsal konutların satış fiyatı olarak ölçülebilmektedir. Konut fiyatlarının yüksek olması aynı zamanda konut satışlarının olası krizlerden nispeten daha az etkilenmesi ve kâr marjının yüksek olmasından dolayı büyük bir avantaj sağlamaktadır.

Konutların satış fiyatının değerlendirilmesinde şerefiye kavramından söz edilir. Şerefiyelendirme bir tür değerlendirme yöntemi olup gayrimenkullerin değerini etkileyen objektif ve sübjektif birçok faktör vardır. Objektif faktörler kesin sayılarla ifade edilmesine karşın, sübjektif faktörleri kesin sayılarla ifade etmek oldukça güçtür. Bu tür faktörleri ifade etmek için gayrimenkullerin çevresinde yer alan benzer mülklerle karşılaştırmak gereklidir. Sektörde yapılan şerefiyelendirme çalışmaları incelendiğinde genel olarak puanlama yöntemi tercih edildiği görülmektedir. Bunun için şerefiyelendirme çalışması yapılacak olan taşınmazların bulunduğu bölgedeki gayrimenkul pazarı analiz edilerek alıcıların talepleri ve arz tespit edilmesi, gayrimenkullerin bulunduğu alan yerinde incelenerek, değerlerine etki edebilecek fiziksel özellikler, konum özellikleri detaylı olarak tespit edilmesi gibi pek çok yol izlenebilir (Umut, 2010).

Bölgedeki Rekabet Durumu (BRD): Arsanın bulunduğu bölgede inşaat yapan firmaların sayısı ve firmaların güçlü olup olmamaları, inşaat firmalarının o bölgede iş yapıp yapmama kararı almalarına belirli bir oranda etki etmektedir.

2.2. Arsanın Özellikleri

Arsa Büyüklüğü (AB): İnşaatı yapacak olan firmanın finansal büyüklük ve yeterliliğine bağlı olarak büyük arsalar firmalar tarafından daha çok tercih edilmektedir. Firmanın yeterliliğini aşacak oranda büyüklükteki arsalar ise seçim sürecine olumsuz etki etmektedir.

İnşaat Alanı/Bağımsız Bölüm Sayısı (İA/BBS): Yapılacak olan inşaat sonucu elde edilecek olan bağımsız bölüm sayısı, inşaat firmalarının arsa seçimi sürecine etki etmektedir. Yüksek sayıdaki bağımsız bölüme uygun arsalar daha yüksek oranda tercih edilmektedir.

Ticari Olma Durumu (TOD): Arsalar buldukları konuma bağlı olarak ticari tanımlı olabilmektedirler. Ticari olarak inşa edilecek olan bölümlerin konutlara kıyasla daha yüksek satış değerine sahip olmasından dolayı, ticari olma durumu arsa seçimi sürecine etki etmektedir.

Kat Karşılığı Oranı/Arsa Bedeli (KKO/AB): İnşa edilecek yapıdan arsaya karşılık olarak arsa sahibine verilecek olan bölümlerin toplam inşaata oranına kat karşılığı oranı denilmektedir. Kat karşılığı oranı arsa seçimi sürecinde firmaların değerlendirdikleri diğer önemli bir ölçüttür.

Arsanın Konumu (AK): Arsanın ana cadde, ara cadde veya sokak arasında olması müşterilerin satın alma tercihlerine yansımından dolayı, arsanın konumu firmaların arsa seçimine etki etmektedir.

Teknik Şartlar (TŞ): Gerekli teknik şartlar, arsa sahibinin talep ettiği teknik özellikleri ve arsanın bulunduğu bölgenin genel yapısı, rakiplerin yerine getirdiği teknik özellikleri kapsamaktadır. Ağır teknik şartları olan arsalar inşaat firmasına fazladan mali yük getireceğinden dolayı firmaların arsa seçim süreçlerine önemli oranda etki etmektedir.

2.3. Arsa Alternatifleri

Firma inşaat yapmak için faaliyet gösterdiği Antalya ilinde bulunan çeşitli arsa alternatiflerini belirlemiştir. Firma iş stratejisi gereği arsa satın alma yerine kat karşılığı olarak arsa almayı tercih etmektedir. Elde edilen arsa alternatifleri şu şekildedir;

1. Alternatif (Aday arsa 1): Konyaaltı ilçesi Hurma mevki, ilçe merkezine orta mesafede, il merkezine uzak mesafe, Konyaaltı plajlarına orta mesafe, ticari- hastane alanı karşısı, yeni yerleşim yeri, bölgedeki satış fiyatları orta seviyede, yeni yerleşim olmasından dolayı rekabet yüksek, 1360 m², 16 daire +2 dükkan, ticari arsa, %50 KKO, cadde üzeri köşe başı, yeni açılacak çevre yoluna cepheli, teknik şartlar ortanın üstü.

2. Alternatif (Aday arsa 2): Muratpaşa ilçesi Bayındır Mahallesi, şehir merkezine yakın, Devlet Hastanesi ve Akdeniz Üniversitesi'ne yakın-yeni yapılan park ve sosyal alana yakın, satış fiyatları orta üstü, eski yerleşim rekabet düşük, 940 m², 14 dairelik, ticari özelliği yok, %50 KKO, sokak arası, teknik şartlar ağır.

3. Alternatif (Aday arsa 3): Kepez ilçesi Varsak Mahallesi, şehir merkezine uzak, sosyal ticari alanlara uzak, ekonomik durum düşük, satış fiyatları düşük, rekabet orta, 1300 m², 21 daire, ticari özelliği yok, %35 KKO, cadde üzeri, teknik şartlar düşük.

4. Alternatif (Aday arsa 4): Kepez ilçesi dokuma semti, şehir merkezine orta uzaklık, ilçe merkezine yakın, sosyal ticari alanlara yakın, bölgenin ekonomik yapısı orta, satış fiyatları orta, rekabet düşük, 560 m², 12 dairelik, ticari özelliği yok, %50 KKO, cadde üzeri, teknik şartlar orta.

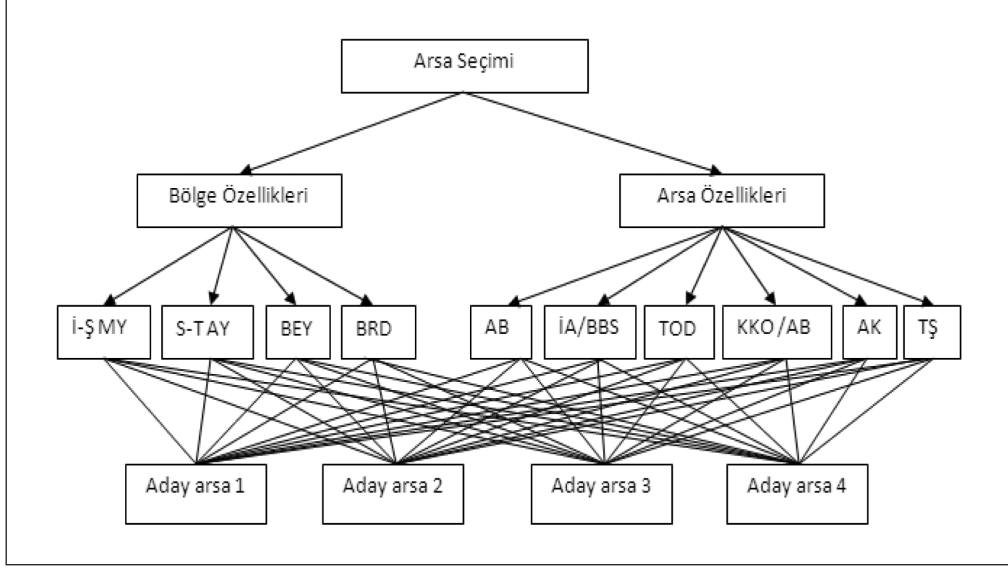
Yukarıda verilen alternatif arsaların imar durumları firma yetkilisinin geçmiş dönem çalışmalarındaki birikimine göre kendi yaptıkları değerlendirmedir.

Şekil 1.de inşaat alanı için arsa seçiminde kullanılacak ana ve alt ölçütler ile alternatifler hiyerarşik yapıda görülmektedir.

3. Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi (BAHP)

Bu çalışmada Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi ile inşaat projelerinde karar

Şekil 1: Arsa Seçimi Probleminin Hiyerarşik Yapısı



verme problemi ele alınmaktadır. Antalya’da faaliyet gösteren bir inşaat firmasının arsa seçim problemi üzerinde durulmaktadır. Öncelikle firmayla görüşülerek konut yeri için arsa seçiminde göz önünde bulundurdıkları ölçütler tespit edilmiştir. Karar verme sürecinin en önemli aşamalarından biri ölçütlerin ağırlıklarının bir başka ifadeyle önem düzeylerinin belirlenmesidir (Öztürk & Batuk, 2007). Önem düzeylerinin belirlenmesinde ölçütler arasındaki ikili karşılaştırma matrisleri oluşturularak dilsel ifadelerin kullanımıyla nicel değerlere dönüştürülmüştür. Daha sonra bu ölçütlere bağlı olarak aday arsalar arasındaki tercih sıralamaları ortaya çıkarılmıştır Matrislerin ağırlıklarının hesaplanmasında Chang (1992, 1996) tarafından ileri sürülen genişletilmiş (extent) bulanık AHP yöntemi kullanılmıştır. Aşağıdaki bölümde genel olarak Bulanık AHP yöntemiyle ilgili teorik yapı anlatılmaktadır.

Yöntemde $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ bir nesnelere kümesi ve $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ bir amaçlar kümesi olarak tanımlanmaktadır. Nesne; ana amaç açısından bakıldığında ana ölçütleri; ana ölçütler açısından bakıldığında ise alt ölçütleri ifade etmektedir. Her bir nesne bir amacı gerçekleştirmek üzere sırasıyla alınmaktadır.

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

Buradaki tüm M_{gi}^j ($j = 1, 2, \dots, m$) değerleri üçgensel bulanık sayılardır.

Yöntemde izlenen süreç aşağıda özetlenmektedir (Chang, 1996; Kahraman vd., 2004);

Öncelikle i. eleman bakımından bulanık sentetik derecenin değeri aşağıdaki gibi tanımlanır:

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

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

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

Burada çarpımın ikinci kısmı olan $\sum_{j=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ matematiksel ifadesini elde etmek için

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

işleminde faydalanılır. Vektörün tersi ise aşağıdaki gibi hesaplanır

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (5)$$

Elde edilen sentetik değerlerinin karşılaştırılması ve bu karşılaştırma değerlerinden ağırlık değerlerinin elde edilmesi esasına dayanan yöntemde iki bulanık sayının karşılaştırılması ve olabilirlik derecesinin hesaplanması şu şekilde yapılır:

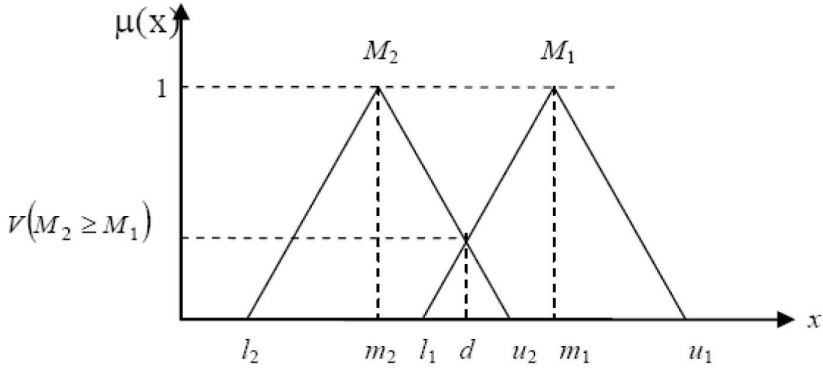
M_2 ve M_1 iki üçgensel bulanık sayı iken $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ 'in olabilirlik derecesi

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

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

$$\begin{cases} 1, \text{ eger } m_2 \geq m_1 \\ 0, \text{ eger } l_1 \geq u_1 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, \text{ diger durumlarda} \end{cases} \quad (7)$$

Denk şekilde $V(M_2 \geq M_1)$, d , μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim noktası d 'nin ordinatı olmak üzere Sekil 2.'de görüldüğü gibi ifade edilebilir.



Bir konveks bulanık sayının k tane konveks bulanık sayıdan ($i=1,2,\dots,k$) büyük olmasının olabilirlik derecesi

$$\begin{aligned} V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) &= V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)] \\ &= \min V(M \geq M_i), i = 1, 2, 3, \dots, k \end{aligned} \quad (8)$$

şeklinde tanımlanır.

$d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ olduğu varsayıldığında, $k = 1, 2, \dots, n$; $k \neq i$ için ağırlık vektörü aşağıdaki şekilde ifade edilir:

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

burada A_i ($i = 1, 2, \dots, n$) n sayısı kadardır.

Son olarak normalizasyon ile elde edilmiş ağırlık vektörleri aşağıdaki gibi elde edilir. Burada W , bulanık olmayan sayılardan oluşan ağırlık vektörünü temsil eder.

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

3.1. Bulanık AHP İle Problemin Çözümü

Bulanık analitik hiyerarşi süreci yönteminin uygulanması aşamasında öncelikle tüm ölçütler Tablo 1’de gösterilen ölçek kullanılarak ikişerli olarak karşılaştırılarak bulanık karar matrisleri oluşturulmuştur (Kaptanoğlu ve Özok, 2006). Karşılaştırmalar inşaat firmasındaki bir yetkili tarafından yapılmıştır.

Tablo 1: Bulanık Önem Dereceleri

Sözel önem	Bulanık ölçek	Karşılık ölçek
Eşit derecede önemli	(1,1,1)	(1,1,1)
Orta derecede önemli	(1,3,5)	(1/5,1/3,1)
Kuvvetli derecede önemli	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)
Çok kuvvetli derecede önemli	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)
Mutlak derecede önemli	(7,9,9)	(1/9,1/9,1/7)

Ana ölçütler ve alt ölçütler bu ölçek doğrultusunda ikişerli karar matrisleri şeklinde karşılaştırılarak ölçütlerin önem düzeyleri hesaplanır.

Hesaplamalarda ikili karşılaştırmalar için gerekli bulanık önem dereceleri Antalya’da inşaat sektöründe faaliyet gösteren ve kendisine çözüm arayan firma tarafından değerlendirilmiştir. Yöntem gereği tüm ölçütlerin ağırlığı önce kendi aralarında ikişerli karşılaştırmalar kullanılarak hesaplanmış. Daha sonra alternatifler ölçütler açısından yine ikili karşılaştırmalarla değerlendirildikten sonra tüm alternatifleri bir arada bulunduracak şekilde en iyi çözümün bulunması aşamasına geçilmiştir.

Tablo 2: Ana Ölçüte Göre Bulanık İkili Karşılaştırmalar Matrisi

	Bölge özellikleri	Arsa özellikleri
Bölge özellikleri	(1,1,1)	(1,3,5)*
Arsa özellikleri	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)

*Bölge özelliklerinin arsa özelliklerine göre orta derecede önemli olduğunu ifade eder.

Tablo 2’deki değerlerden elde edilen sentetik değerler:

$$S_{B_0}=(2, 4, 6)\otimes(0.125, 0.188, 0.313)=(0.250, 0.750, 1.875)$$

$$S_{A_0}=(1.200, 1.333, 2)\otimes(0.125, 0.188, 0.313)=(0.150, 0.250, 0.625)$$

Eşitlik (6) yardımıyla elde edilen bu değerler kullanılarak bulanık sayıların karşılaştırılması yapılır.

$$V(S_{B\ddot{O}} \geq S_{A\ddot{O}}) = 1$$

$$V(S_{A\ddot{O}} \geq S_{B\ddot{O}}) = 0.429$$

$$D(B\ddot{O}) = \min(1) = 1$$

$$D(A\ddot{O}) = \min(0.429) = 0.429$$

Eşitlik (7) kullanılarak elde edilen değerlerin yardımıyla ölçütlerin önem düzeyleri hesaplanır.

$$\text{Elde edilen ağırlık vektörü } W = (1, 0.429)^T$$

$$\text{Normalize edilmiş ağırlık vektörü } W = (1/1.429, 0.429/1.429)$$

$$W = (0.7, 0.3)^T \text{ olarak bulunur (Chang, 1996; Kaptanoğlu ve Özok, 2006).}$$

Ana ölçütler değerlendirildikten sonra alt ölçütlerin tümü için benzer hesaplamalar yapılır.

Tablo 3: Bölge Özellikleri İle İlgili Alt Ölçütlerin Değerlendirilmesi

	İŞ-MY	STAY	BEY	BRD
İlçe-şehir merkezine yakınlık	(1,1,1)	(1/7,1/5,1/3)	(1/9,1/7,1/5)	(1/7,1/5,1/3)
Sosyal-ticari alanlara yakınlık	(3,5,7)	(1,1,1)	(1/9,1/7,1/5)	(3,5,7)
Bölgenin ekonomik yapısı	(5,7,9)	(5,7,9)	(1,1,1)	(5,7,9)
Bölgedeki rekabet durumu	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)	(1/9,1/7,1/5)	(1,1,1)

$$S_{I-\$MY} = (1.397, 1.543, 1.867) \otimes (0.019, 0.024, 0.035) = (0.026, 0.038, 0.065)$$

$$S_{S-TAY} = (7.111, 11.143, 15.200) \otimes (0.019, 0.024, 0.035) = (0.133, 0.272, 0.528)$$

$$S_{BEY} = (16, 22, 28) \otimes (0.019, 0.024, 0.035) = (0.299, 0.536, 0.974)$$

$$S_{BRD} = (4.254, 6.343, 8.523) \otimes (0.019, 0.024, 0.035) = (0.079, 0.155, 0.297)$$

$$V(S_{I-\$MY} \geq S_{S-TAY}) = 0, V(S_{I-\$MY} \geq S_{BEY}) = 0, V(S_{I-\$MY} \geq S_{BRD}) = 0$$

$$V(S_{S-TAY} \geq S_{I-\$MY}) = 1, V(S_{S-TAY} \geq S_{BEY}) = 0.465, V(S_{S-TAY} \geq S_{BRD}) = 1$$

$$V(S_{BEY} \geq S_{I-\$MY}) = 1, V(S_{BEY} \geq S_{S-TAY}) = 1, V(S_{BEY} \geq S_{S-BRD}) = 1$$

$$V(S_{BRD} \geq S_{I-\$MY}) = 1, V(S_{BRD} \geq S_{S-TAY}) = 0.584, V(S_{BRD} \geq S_{BEY}) = 0$$

$$D(\dot{I}\text{-}\mathring{S}MY)=\min(0, 0, 0)=0$$

$$D(S\text{-}TAY)=\min(1, 0.465, 1)=0.465$$

$$D(BEY)=\min(1, 1, 1)=1$$

$$D(BRD)=\min(1, 0.584, 0)=0$$

$$W=(0, 0.465, 1, 0)$$

$$\text{Normalize } W_{B0}=(0, 0.317, 0.683, 0)$$

Tablo 4: Arsa Özellikleri İle İlgili Alt Ölçütlerin Değerlendirilmesi

	B	İA/BBS	TOD	KKO/AB	AK	TŞ
AB	(1,1,1)	(1/7,1/5,1/3)	(1/9,1/7,1/5)	(1/9,1/7,1/5)	(1/7,1/5,1/3)	(1/7,1/5,1/3)
İA/BBS	(3,5,7)	(1,1,1)	(1/9,1/7,1/5)	(1/7,1/5,1/3)	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)
TOD	(5,7,9)	(5,7,9)	(1,1,1)	(1,1,1)	(3,5,7)	(3,5,7)
KKO/AB	(5,7,9)	(3,5,7)	(1,1,1)	(1,1,1)	(5,7,9)	(1,1,1)
AK	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)	(1/7,1/5,1/3)	(1/9,1/7,1/5)	(1,1,1)	(1/7,1/5,1/3)
TŞ	(3,5,7)	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)	(1,1,1)	(3,5,7)	(1,1,1)

$$S_{AB}=(1.651,1.886,2.400)\otimes(0.009, 0.012,0.017)=(0.015, 0.022, 0.041)$$

$$S_{IA/BBS}=(7.397,11.543,15.867)\otimes(0.009, 0.012,0.017)=(0.066, 0.135, 0.270)$$

$$S_{TOD}=(18, 26, 34)\otimes(0.009, 0.012,0.017)=(0.160, 0.305, 0.579)$$

$$S_{KKO/AB}=(18, 22, 28)\otimes(0.009, 0.012,0.017)=(0.142, 0.258, 0.477)$$

$$S_{AK}=(4.540,6.743,9.200)\otimes(0.009, 0.012,0.017)=(0.040, 0.079, 0.157)$$

$$S_{T\mathring{S}}=(11.143,17.200,23.333)\otimes(0.009, 0.012,0.017)=(0.099, 0.201, 0.397)$$

$$D(AB)=\min(0,0,0,0.011,0)=0$$

$$D(\dot{I}A/BBS)=\min(1,0.395,0.512,1,0.721)=0.395$$

$$D(TOD)=\min(1, 1, 1, 1, 1)=1$$

$$D(KKO/AB)=\min(1, 1, 0.871, 1, 1)=0.871$$

$$D(AK)=\min(1, 0.618, 0, 0.077, 0.321)=0$$

$$D(T\mathring{S})=\min(1, 1, 0.698, 0.820, 1)=0.698$$

$$W_{A0}=(0, 0.395, 1, 0.871, 0, 0.698)$$

$$\text{Normalize } W_{A0}=(0, 0.133, 0.337, 0.294, 0, 0.235)$$

Ölçütler kendi içlerinde değerlendirildikten sonra arsa alternatiflerinin alt ölçütler bazında değerlendirilmesi işlemine geçilir. Alternatiflerin ölçütler bazında değerlendirilmesinde Tablo 5’deki dilsel değişkenlere karşılık gelen üçgensel bulanık sayılar kullanılmıştır (Chan vd., 2000; Dağdeviren, 2007) .

Tablo 5: Bulanık Değerlendirme Ölçeği

Dilsel değişken	Üçgensel bulanık sayı
Çok iyi	(3,5,5)
İyi	(1,3,5)
Orta	(1,1,1)
Düşük	(1/5,1/3,1)
Çok düşük	(1/5,1/5,1/3)

Aday arsaların belirlenen 10 alt ölçüte göre birbirleriyle ikili karşılaştırmaları Tablo 6’dan Tablo 15’e kadar gösterilmiştir. Her bir ölçüte göre karşılaştırma yapıldıktan sonra hesaplanacak ağırlık vektörleri de tabloların altında gösterilmiştir.

Tablo 6: Aday Arsaların İlçe-Şehir Merkezine Yakınlık Ölçütüne Göre Değerlendirilmesi

	Aday arsa 1	Aday arsa 2	Aday arsa 3	Aday arsa 4
Aday arsa 1	(1,1,1)	(1/5,1/3,1)	(3,5,5)	(1,1,1)
Aday arsa 2	(1,3,5)	(1,1,1)	(3,5,5)	(1,1,1)
Aday arsa 3	(1/5,1/5,1/3)	(1/5,1/5,1/3)	(1,1,1)	(1/5,1/3,1)
Aday arsa 4	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,3,5)	(1,1,1)

Tablo 6’den hesaplanan ağırlık vektörü $W_{I-ŞMY}=(0.305, 0.426, 0, 0.269)$

Tablo 7: Aday Arsaların Sosyal-Ticari Alanlara Yakınlık Ölçütüne Göre Değerlendirilmesi

	Aday arsa 1	Aday arsa 2	Aday arsa 3	Aday arsa 4
Aday arsa 1	(1,1,1)	(1,1,1)	(3,5,5)	(1/5,1/3,1)
Aday arsa 2	(1,1,1)	(1,1,1)	(3,5,5)	(1,1,1)
Aday arsa 3	(1/5,1/5,1/3)	(1/5,1/5,1/3)	(1,1,1)	(1/5,1/5,1/3)
Aday arsa 4	(1,3,5)	(1,1,1)	(3,5,5)	(1,1,1)

Tablo 7’den hesaplanan ağırlık vektörü $W_{S-TAY}=(0.284, 0.307, 0, 0.409)$

Tablo 8: Aday Arsaların Bölgenin Ekonomik Yapısı Ölçütüne Göre Değerlendirilmesi

	Aday arsa 1	Aday arsa 2	Aday arsa 3	Aday arsa 4
Aday arsa 1	(1,1,1)	(1,3,5)	(3,5,5)	(1,1,1)
Aday arsa 2	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)	(3,5,5)	(1,3,5)
Aday arsa 3	(1/5,1/5,1/3)	(1/5,1/5,1/3)	(1,1,1)	(1/5,1/5,1/3)
Aday arsa 4	(1,1,1)	(1/5,1/3,1)	(3,5,5)	(1,1,1)

Tablo 8'den hesaplanan ağırlık vektörü $W_{BEY}=(0.371, 0.354, 0, 0.275)$

Tablo 9: Aday Arsaların Bölgedeki Rakiplerin Durumu Ölçütüne Göre Değerlendirilmesi

	Aday arsa 1	Aday arsa 2	Aday arsa 3	Aday arsa 4
Aday arsa 1	(1,1,1)	(1/5,1/3,1)	(1/5,1/3,1)	(1/5,1/3,1)
Aday arsa 2	(1,3,5)	(1,1,1)	(1,3,5)	(1,1,1)
Aday arsa 3	(1,3,5)	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)	(1/5,1/3,1)
Aday arsa 4	(1,3,5)	(1,1,1)	(1,3,5)	(1,1,1)

Tablo 9'dan hesaplanan ağırlık vektörü $WBRD=(0.141,0.308, 0.243, 0.308)$

Tablo 10: Aday Arsaların Arsa Büyüklüğü Ölçütüne Göre Değerlendirilmesi

	Aday arsa 1	Aday arsa 2	Aday arsa 3	Aday arsa 4
Aday arsa 1	(1,1,1)	(1,3,5)	(1,1,1)	(3,5,5)
Aday arsa 2	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)	(1/5,1/3,1)	(1,3,5)
Aday arsa 3	(1,1,1)	(1,3,5)	(1,1,1)	(3,5,5)
Aday arsa 4	(1/5,1/5,1/3)	(1/5,1/3,1)	(1/5,1/5,1/3)	(1,1,1)

Tablo 10'dan hesaplanan ağırlık vektörü $WAB=(0.382,0.236, 0.382, 0)$

Tablo 11: Aday Arsaların İnşaat Alanı Bağımsız Bölüm Sayısı Ölçütüne Göre Değerlendirilmesi

	Aday arsa 1	Aday arsa 2	Aday arsa 3	Aday arsa 4
Aday arsa 1	(1,1,1)	(1,3,5)	(1/5,1/3,1)	(1,3,5)
Aday arsa 2	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)	(1/5,1/3,1)	(1,3,5)
Aday arsa 3	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,1,1)	(1,3,5)
Aday arsa 4	(1/5,1/3,1)	(1/5,1/3,1)	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)

Tablo 11'den hesaplanan ağırlık vektörü $W_{IA/BBS}=(0.293,0.239, 0.326, 0.142)$

Tablo 12: Aday Arsaların Ticari Olma Durumu Ölçütüne Göre Değerlendirilmesi

	Aday arsa 1	Aday arsa 2	Aday arsa 3	Aday arsa 4
Aday arsa 1	(1,1,1)	(3,5,5)	(3,5,5)	(3,5,5)
Aday arsa 2	(1/5,1/5,1/3)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)
Aday arsa 3	(1/5,1/5,1/3)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)
Aday arsa 4	(1/5,1/5,1/3)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1,1,1)

Tablo 12'den hesaplanan ağırlık vektörü WTOD=(1,0,0,0)

Tablo 13: Aday Arsaların Arsa Fiyatı Kat Karşılığı Oranı Ölçütüne Göre Değerlendirilmesi

	Aday arsa 1	Aday arsa 2	Aday arsa 3	Aday arsa 4
Aday arsa 1	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/5,1/5,1/3)	(1,1,1)
Aday arsa 2	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/5,1/5,1/3)	(1,1,1)
Aday arsa 3	(3,5,5)	(3,5,5)	(1,1,1)	(3,5,5)
Aday arsa 4	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/5,1/5,1/3)	(1,1,1)

Tablo 13'den hesaplanan ağırlık vektörü WKKO/AB=(0, 0, 1, 0)

Tablo 14: Aday Arsaların Arsanın Konumu Ölçütüne Göre Değerlendirilmesi

	Aday arsa 1	Aday arsa 2	Aday arsa 3	Aday arsa 4
Aday arsa 1	(1,1,1)	(3,5,5)	(1,3,5)	(3,5,5)
Aday arsa 2	(1/5,1/5,1/3)	(1,1,1)	(1/5,1/3,1)	(1/5,1/3,1)
Aday arsa 3	(1/5,1/3,1)	(1,3,5)	(1,1,1)	(1/5,1/3,1)
Aday arsa 4	(1/5,1/5,1/3)	(1,3,5)	(1,3,5)	(1,1,1)

Tablo 14'den hesaplanan ağırlık vektörü WAK=(0.454,0.013, 0.221, 0.312)

Tablo 15: Aday Arsaların İstenen Teknik Şartlar Ölçütüne Göre Değerlendirilmesi

	Aday arsa 1	Aday arsa 2	Aday arsa 3	Aday arsa 4
Aday arsa 1	(1,1,1)	(1,3,5)	(1/5,1/5,1/3)	(1/5,1/3,1)
Aday arsa 2	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)	(1/5,1/5,1/3)	(1/5,1/3,1)
Aday arsa 3	(3,5,5)	(3,5,5)	(1,1,1)	(1,3,5)
Aday arsa 4	(1,3,5)	(1,3,5)	(1/5,1/3,1)	(1,1,1)

Tablo 15'den hesaplanan ağırlık vektörü $W_{TS}=(0.205, 0.013, 0.458, 0.324)$

Her bir ölçüt ve bu ölçütlere ait adayların ağırlıkları hesaplandıktan sonra tüm öncelik ağırlıklarının gösterimi Tablo 16’da görülmektedir.

Tablo 16: Önem Düzeylerinin Özet Kombinasyonu

Bölge özelliklerinin alt ölçütleri							
	İ-Ş MY	S-T AY	BEY	BRD	Öncelik ağırlığı		
Ağırlık	0	0.317	0.683	0			
Alternatif							
Aday arsa 1	0.305	0.284	0.371	0.141	0.343		
Aday arsa 2	0.426	0.307	0.354	0.308	0.339		
Aday arsa 3	0	0	0	0.243	0		
Aday arsa 4	0.269	0.409	0.275	0.308	0.318		
Arsa özelliklerinin alt ölçütleri							
	AB	İA/BBS	TOD	KKO/AB	AK	TŞ	Öncelik ağırlığı
Ağırlık	0	0.133	0.337	0.294	0	0.235	
Alternatif							
Aday arsa 1	0.382	0.293	1	0	0.454	0.205	0.424
Aday arsa 2	0.236	0.239	0	0	0.013	0.013	0.035
Aday arsa 3	0.382	0.326	0	1	0.221	0.458	0.446
Aday arsa 4	0	0.142	0	0	0.312	0.324	0.095
Hedefin ana özellikleri							
	Bölge Özellikleri			Arsa Özellikleri		Öncelik ağırlığı	
Ağırlık	0.7			0.3			
Alternatif							
Aday arsa 1	0.343			0.424		0.367	
Aday arsa 2	0.339			0.035		0.248	
Aday arsa 3	0			0.446		0.134	
Aday arsa 4	0.318			0.095		0.251	

Alternatif öncelik ağırlıklarına bakarak bir değerlendirme yapıldığında aday arsalar arasında bir sıralamanın oluştuğu görülmektedir. İnşaat firması kendi belirlemiş olduğu bölge özellikleri ve arsa özellikleri ana ölçütlerinde bölgenin özelliğini (%70) arsanın özelliğinden (%30) daha önemli bulmaktadır.

Bölge özelliklerinin alt ölçütlerine bakıldığında ise karar verici açısından bölgenin ekonomik yapısının en yüksek öneme sahip olduğu (%68), sosyal ve ticari alanlara yakın olmanın önem düzeyinin ise %32 ile ikinci sırada olduğu görülmektedir.

Arsa özellikleri ana ölçütü incelendiğinde ise karar verici açısından ticari olma durumunun (%34) ve kat karşılığı oranı/ arsa bedeli ölçütünün (%29) ilk iki sırada yer aldığı görülmektedir.

Alternatifler bölge özellikleri açısından değerlendirildiğinde aday arsa 1'in ağırlığının daha yüksek olduğu bunu sırasıyla aday arsa 2 ve aday arsa 4'ün takip ettiği görülmektedir. Aday arsa 3'ün ise bölge özellikleri açısından bir ağırlığı oluşmamıştır. Arsa özellikleri açısından değerlendirildiğinde Aday arsa 3 ile aday arsa 1'in ağırlığının %40'lar civarında olduğu aday arsa 2 ile aday arsa 4'ün ağırlıklarının düşük çıktığı tespit edilmiştir.

Karar verici tarafından belirlenmiş olan tüm ölçütler ve alternatifler göz önüne alınarak değerlendirme yapıldığında; konut yeri inşaatı için en uygun yerin aday arsa 1 olduğu (%37), bunu sırasıyla 4. aday arsa (%25), 2. aday arsa (%25) ve 3. aday arsanın (%13) takip ettiği görülmektedir.

Problemin çözümünde özel bir paket program kullanılmamıştır. Tüm ağırlıkların hesaplanmasında Excel programından faydalanılmıştır.

4. Sonuç

Karar verme problemleri gerek bireysel anlamda gerekse işletmelerde yönetimin her seviyesinde daima önemli bir yer tutmaktadırlar. Bu nedenle dünyanın her yerinde bu problemleri çözmek için hem zaman açısından hem de finansal açıdan büyük kaynaklara ihtiyaç duyulmaktadır.

İnşaat projelerinde sıklıkla alternatifler arasından seçim yapma zorunluluğu durumuyla karşılaşmaktadır. Bu çalışmada yatırım kararlarının alınmasında ve mevcut alternatifler arasından seçim yapılmasını gerektiren durumlarda nicel karar verme yöntemlerinin karar destek sistemleri olarak kullanılabilmesi gösterilmekte ve bu yöntemlerden faydalanılması önerilmektedir. Çalışmada inşaat sektöründen bir karar verme uygulaması olarak konut yeri inşaatı için arsa seçimi problemi ele alınmıştır. Arsa seçimi kararında karar vericiye yardımcı olabilecek bir yöntem olarak bulanık analitik hiyerarşi süreci dikkate alınarak bir değerlendirme yapılmıştır. Bulanık AHP yönteminin çok amaçlı bir karar problemini çözerken belirsizlikleri de dikkate alarak bir çözüm sunma aleti olarak kullanılabilmesi gösterilmiştir. Her firma kendisi için farklı ölçütleri dikkate alabileceği gibi ölçütlere vereceği önem dereceleri de farklılık gösterebilir. Bu nedenle her firma alternatifler arasından kendi ölçütlerine en uygun çözümü veren analiz sonuçlarına ulaşabilir. Çok amaçlı karar verme yöntemlerinden olan TOPSIS, PROMETHE ve ELECTRE gibi diğer yöntemlerin kullanılmasıyla da çeşitli çözüm alternatifleri üretilerek işletmelere karar desteği sağlanabilir.

Kaynakça

- Akadiri, P. O., Olomolaiye, P. O., & Chinyo, E. A. (2013). Multi-criteria evaluation model for the selection of sustainable materials for building projects. *Automation in Construction*, 30, 113-125.
- Akman, G., & Alkan, A. (2006). Tedarik zinciri yönetiminde bulanık AHP yöntemi kullanılarak tedarikçilerin performansının ölçülmesi: Otomotiv yan sanayinde bir uygulama. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 5(9), 23-46.
- Antuchevičienė, I., Zavadskas, E. K., & Zakarevičius, A. (2010). Multiple criteria construction management decisions considering relations between criteria. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(1), 109-125.
- Aydın, Ö. (2009). Bulanık AHP ile Ankara için Hastane Yer Seçimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 24(2), 87-104.
- Chan, F. T. S., Chan, M. H., & Tang, N. K. H. (2000). Evaluation methodologies for technology selection. *Journal of Materials Processing Technology*, 107(1-3), 330-337.
- Chang, D. Y. (1992). Extent analysis and synthetic decision, optimization techniques and applications. *World Scientific*, 1, Singapore, 32.
- Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method of fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95, 649-655.
- Dağdeviren, M. (2007). Bulanık analitik hiyerarşi prosesi ile personel seçimi ve bir uygulama. *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(4), 791-799.
- Erden, T., & Coşkun, M. Z. (2011, Nisan). *Coğrafi bilgi sistemleri ve analitik hiyerarşi yöntemi yardımıyla itfaiye istasyon yer seçimi*. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Fong, P. S-W., & Choi, S. K-Y. (2000). Final contractor selection using the analytical hierarchy process. *Construction Management and Economics*, 18(5), 547-557.
- Kahraman, C., Cebeci, U., & Ruan D. (2004). Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy-AHP: the case of Turkey. *International Journal of Production Economics*, 87, 171-184.
- Kaptanoğlu, D., & Özok, A. F. (2006). Akademik performans değerlendirmesi için bir bulanık model. *İTÜ Dergisi*, 5(1), 193-204.
- Kuruoğlu, M., & Ezcan, V. (2005). Türkiye’de inşaat proje yönetimi doğru yerde mi? İMO İstanbul Bülten, 76.
- Öcal, M. E., & Gönen, İ. (2004). İnşaat projelerinde yatırım karar sürecinin analizi ile ilgili bir model önerisi. *Ç.Ü.Müh.Mim.Fak.Dergisi*, 19 (2), 219-234.
- Ömürbek, N., & Tunca, M. Z. (2013). Analitik hiyerarşi süreci ve analitik ağ süreci yöntemlerinde grup kararı verilmesi aşamasına ilişkin bir örnek uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3), 47-70.
- Öztürk, A., Ertuğrul, İ., & Karakaşoğlu, N. (2008). Nakliye firması seçiminde bulanık AHP ve TOPSİS yöntemlerinin karşılaştırılması. *Marmara Üniversitesi İİBF Dergisi*, 25(2), 785-824.

- Öztürk, D., & Batuk, F. (2007). Çok sayıda kriter ile karar vermede kriter ağırlıkları. *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 25(1), 86-98.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Shapira, A. & Goldenberg, M. (2005). AHP-based equipment selection model for construction projects. *Journal of Construction. Engineering Management*, 131(12), 1263–1273.
- Sipahi, S., & Timor, T. (2010). The analytic hierarchy process and analytic network process: an overview of applications. *Management Decision*, 48 (5), 775-808.
- Tekçe, I., & Dikbaş, A. (2011). Yüklenici inşaat firmaları için çok kriterli performans ölçme modeli geliştirilmesi. *İtüdergisi/d Mimarlık, Planlama, Tasarım*, 10 (1), 151-164.
- Tezcan, Ö. (2007). AHP yöntemi ve hazır beton tesisi arazisi seçiminde uygulaması, *Çimento ve Beton Dünyası Dergisi*, 11, 58-62. Erişim Tarihi: 26.05.2014, <http://www.thbb.org/Files/File/Magazine/17/m-ahp%20yontemi.pdf>
- Tür, R., Kazaz, A., & Yardımcı, A. (2005). *Antalya'da faaliyet gösteren inşaat firmalarına yönelik ekonomik durum analizi: Bulanık mantık yaklaşımı*. Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, Antalya.
- Umut, F. B. (2010). *Gayrimenkul değerlemede şerefiye kriterlerinin belirlenmesi ve şerefiyelendirme uygulamaları*. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi.
- Vahidnia, M. H., Alesheikh, A. A., & Alimohammadi, A. (2009). Hospital site selection using fuzzy AHP and its derivatives. *Journal of Environmental Management.*, 90(10), 3048-3056.
- Wang, Y-M., Luo, Y., & Zhongsheng, H. (2008). On the extent analysis method for fuzzy ahp and its applications. *European Journal of Operational research*, 186, 735-757.
- Wu, C-R., Lin, C-T., & Chen, H-C. (2007). Optimal selection of location for Taiwanese hospitals to ensure a competitive advantage by using the analytic hierarchy process and sensitivity analysis. *Building and Environment*, 42(3), 1431-1444.