

COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ YARDIMIYLA İTFAİYE İSTASYON YER SEÇİMİ

Turan Erden¹, Mehmet Zeki Coşkun¹

¹İTÜ, İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Müh.Bölümü, Maslak, İstanbul, erdentur@itu.edu.tr

¹İTÜ, İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Müh.Bölümü, Maslak, İstanbul, coskun@itu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada çözülecek problem/amaç (itfaiye istasyonları için en uygun yerlerin belirlenmesi) saptanmış ve çalışma bölgesinin şartları da gözönüne alınarak itfaiye istasyonlarının yeni yerlerinin saptanmasında etkili olabilecek ölçütler belirlenmiştir. Parça parça olan veri grupları bir çalışma bölgesi oluşturacak şekilde düzenlenmiş, herbir ölçüte (tabaka) karşılık gelen vektörel veriler raster veri formatında gösterilerek raster veri grupları sınıflandırılmıştır. Analitik Hiyerarşi Yöntemi'nin ikili karşılaştırma özelliğinden yararlanarak belirlenen ölçütlerin uzman yardımı alınarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Analitik Hiyerarşi Yöntemi'nin önceliklerin sentezlenmesi özelliğinden faydalanarak ilgili herbir ölçüt için önem/ağırlık değerleri belirlenmiştir. Ölçütlere ağırlıklı toplama işlemi uygulanarak sonuç raster verisinin elde edilmesi başarılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Afet yönetimi, Coğrafi bilgi sistemleri, Çok ölçütlü karar analizi, Yer seçimi, Analitik hiyerarşi yöntemi.

ABSTRACT

FIRE BRIGADE SITE SELECTION BY MEANS OF ANALYTIC HIERARCHY PROCESS AND GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

In this study, optimal locations of fire stations have been determined. Criteria for site selection of fire stations have also been outlined with respect to the conditions of the study area. Data sets have been created representing the regionalized criteria. Data have been represented in raster data format and raster data sets have been classified. Preference matrices have been established assigning preference values of experts to the relevant criteria by using pairwise comparison feature of AHP. The criteria weights by using the synthesis of priorities have been determined and overall composite weights have been calculated. The result raster map by applying weighted summation has been obtained.

Keywords: Disaster management, Geographic information systems, Multicriteria decision analysis, Site selection, Analytic hierarchy process.

1. GİRİŞ

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojisi 1980'lerden başlayarak özellikle mekansal verilerin elde edilmesinde, yönetilmesinde ve analiz edilmesinde yeni bir bilgi işleme teknolojisi olarak belirmiştir. CBS tüm bu özelliklerinin yanında doğal kaynak yönetimi, bölgesel planlama ve afet yönetimi gibi birçok alanda bir karar destek tekniği olarak da uygulama alanı bulmuştur. (Cowen (1988); Densham ve Goodchild, (1989)).

Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV)'nin genel amacı çoklu seçim kriterleri ve farklı kriter önceliklerinin varlığında olanaklı birçok seçenek arasından "en iyi" seçeneğin seçilmesinde karar vericiye yardım sağlamaktır. Bir yer seçimi kararı doğası gereği çok ölçütlüdür. Yer seçimi kararları kurum/kuruluşların yeni yerleşimlere olan ihtiyaçlarında, varolan yerleşim yerlerini değiştirmek istemelerinde ya da hitap ettikleri alanı genişletmek amacı gütmeleri durumunda başvuracakları kararları içermektedir. Yer seçimi kararı yerleşim yeri seçeneklerinin tanımlanmasını, analizini, değerlendirilmesini ve seçimini içerecek şekilde verilmektedir (Yang ve Lee, 1997). Bir yer seçimi kararı aşağıdaki adımları içerecek şekilde yapılandırılmaktadır (Ertugrul ve Karakaşoğlu, 2008): 1) Yer seçimi alternatiflerinin değerlendirilmesinde kullanılacak olan kriterlerin belirlenmesi; 2) Önemli ve etkin kriterlerin tanımlanması; 3) Yer seçimi alternatiflerinin geliştirilmesi; 4) Alternatiflerin değerlendirilmesi ve yer seçimi kararının verilmesi.

2. CBS VE KARAR DESTEK KAVRAMI

CBS'nin temel amaçlarından biri mekansal karar verme sürecine destek sağlamasıdır. Bir CBS'nin yapabilirlikleri karar verme süreci bağlamında analiz edilebilir. Karar verme sürecinin analizinde kullanılabilecek birçok temel çerçeve mevcuttur. Bunlardan biri de karar analizi literatüründe genel kabul görmüş, Simon (1960) tarafından temellendirilen yaklaşımdır. Simon (1960), karar verme sürecini üç evrede incelemiştir:

- Bilgi (Intelligence) (Problemin tanımlanması)
- Tasarım (Design) (Seçeneklerin oluşturulması)
- Seçim (Choice)'dir. (En iyi seçeneğin seçilmesi)

Karar verme sürecinin bu üç evresi doğrusal bir akış izlememektedir. Karar verme sürecinin herhangi bir aşamasında geri dönüşler gerekebilmektedir. Örneğin, tasarım aşamasında birçok seçenek planı oluşturulmasına rağmen bu planlar karar probleminin gerekliliklerini karşılamayabilir. Bu durum problem hakkında ek bilgiye sahip olmayı gerektirebilir. Mekansal karar analizinde önemli sorulardan biri şu olmaktadır: Karar vermenin bu üç evresinde CBS'den özellikle bilgi desteği sağlamada nasıl ve ne dereceye kadar yararlanılabilir? (Malczewski, 1999a; Malczewski, 1999b).

Karar verme sürecine bilgi evresindeki destek CBS'den sağlanmaktadır. Mekansal verinin toplanmasında ve analizinde karşılaşılabilecek sorunlar etkili ve etkin bir biçimde CBS ile aşılmaktadır. Mekansal karar vermenin ilk aşamalarında özellikle büyük hacimlerdeki veri ve bilgilerin depolanması ve yönetiminde CBS'ye büyük görevler düşmektedir.

Bilgi evresinde tanımlanan problem için mümkün olan çözümler grubunun geliştirilmesi ve analizi tasarım evresinde yapılandırılır. Bu evrede genel olarak, karar vericiye, vereceği kararlarda destek sağlayacak seçeneklerin üretilmesini sağlayan bir model oluşturulur. Mekansal karar verme bağlamında bir model, verilecek karar ile ilgili özelliklerin bir veritabanı ile model tabanındaki gösterimidir. Bu evrede, karar problemi hakkında elde bulunan veri ve bilgiler bir karar durumu için yapılandırılmalıdır. Mekansal karar seçenekleri CBS'de depolanan veri ve bilgilerin manipülasyonu ve analizinden türetilir.

Seçenekler tasarım evresinde üretilmesine rağmen seçeneklerin değerlendirilmesi seçim evresinde yapılmaktadır. Seçim evresi karar vericilerin kararlarını verdikleri evredir. Olanaklı olan birçok seçenek içerisinde en uygununun seçilmesini içerir. Belirlenen bir karar verme kuralı uyarınca, her bir seçenek değerlendirilir ve analiz edilir. Karar kuralları seçeneklerin önem derecelerine göre sıralanmasında kullanılır. Sıralama işlemi karar vericinin tercihlerine göre şekillenir.

3. ÇOK ÖLÇÜTLÜ KARAR KURALLARI

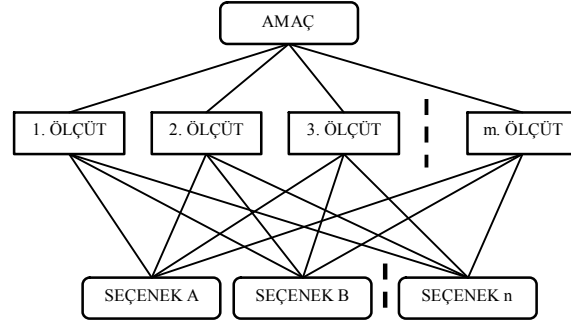
Bir karar kuralı, karar seçeneklerinin sıralanmasını sağlayan bir prosedürdür (Starr ve Zeleny, 1977). Karar verici, karar kuralı yardımıyla seçeneklerin en iyi şekilde nasıl sıralanacağını veya hangi seçeneğin diğerine tercih edileceğini belirlemektedir. Karar kuralı, seçenek bilgisiyle karar vericinin tercihlerini, tümünden bir değerlendirme için bütünlüştirmektedir. Bu tanımlara göre bir çok ölçütlü karar problemi, çıktı gruplarının sıralanmasını ve bu çıktıları sağlayan karar seçeneklerinin tanımlanmasını içermektedir. Özellikle CBS tabanlı karar vermede toplamli karar kuralları (additive decision rules) en iyi bilinen ve geniş çapta uygulama alanı bulan çok ölçütlü karar verme yöntemleridir. Çok ölçütlü karar kuralları olarak basit toplamli ağırlıklandırma, ağırlıklı çarpım yöntemi (Yoon ve Hwang, 1995); değer/fayda fonksiyonu temelli yaklaşımlar (Malczewski, 1999a); TOPSIS yöntemi (Yoon ve Hwang, 1995); ELECTRE (Massam, 1980) ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi (Saaty, 1980) uygulama alanı bulmaktadır.

4. ANALİTİK HİYERARŞİ YÖNTEMİ (AHY)

1970'li yıllarda Thomas Saaty tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHY) birden fazla ölçüt içeren karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan çok ölçütlü bir karar verme yöntemidir (Kuruüzüm ve Atsan, 2001). AHY, karmaşık problemleri amaç-ölçütler-alt ölçütler-seçenekler hiyerarşisi kurularak çözmeye olanak sağlamaktadır. AHY, genel olarak, problemi parçalara ayırma ve hiyerarşi oluşturma (decomposition); karşılaştırmalı karar verme ve tercih matrisinin oluşturulması (comparative judgement); ve önceliklerin sentezlenmesi (synthesis of priorities) olmak üzere üç temel adıma dayanmaktadır (Saaty, 1980).

AHY geliştirildiği günden beri birçok alanda uygulama olanağı bulmuştur. Yer analizi (Min, 1994), kaynak tahsisi (Cheng ve Li, 2001), pazarlama (Davies, 2001), enerji (Kim ve Min, 2004), eğitim (Saaty, 1991a), risk analizi (Millet ve Wedley, 2002), çevresel etki değerlendirme (Ramanathan, 2001) ve arazi uygunluk analizi (Banai-Kashani, 1989) bu uygulama alanlarından bazılarıdır.

Analitik Hiyerarşi Yönteminin ilk aşaması karar probleminin hiyerarşik olarak yapılandırılmasıdır. Bu aşamada bir karar verme probleminin alt öğelere ayrılması ve bu öğeler arasındaki ilişkileri gösteren bir modelin oluşturulması amaçlanır. İlgili alt öğeler gruplanıp düzenlenerek hiyerarşik yapı oluşturulur. (Şekil 1).



Şekil 1. AHY'nin genel yapısı

AHY'nin ikinci aşaması karşılaştırmalı karar verme ve tercih matrislerinin oluşturulmasıdır. İkili karşılaştırma yöntemi AHY içinde temel bir ölçme biçimidir. Bu işlem, özellikle herhangi bir anda karar verme aşamasında sadece ikili veri gruplarının birbirleriyle olan ilişkisine yöneldiğinden karar vermenin karmaşıklığını önemli derecede azaltmaktadır. İkili karşılaştırma yöntemi üç işlem adımını içerir:

- Hiyerarşinin her aşamasında bir karşılaştırma matrisinin oluşturulması
- Her bir hiyerarşi düzeyi için ağırlıkların hesaplanması
- Tutarlılık oranının belirlenmesi

Amaç, ölçüt ve alt ölçütler belirlendikten sonra, ölçüt ve alt ölçütlerin kendi aralarındaki önem derecelerinin belirlenmesi için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Karar verici Tablo 1'de görülen değerler ve tanımlara dayalı bir puanlama yapar.

Tablo 1. AHY ikili karşılaştırma ölçeği

Önem Derecesi	Tanım
1	Eşit öneme sahip
2	Eşit ile orta arası önemde
3	Orta öneme sahip
4	Orta ve güçlü arası önemde
5	Güçlü öneme sahip
6	Güçlü ile çok güçlü arası önemde
7	Çok güçlü öneme sahip
8	Çok güçlü ile oldukça güçlü arası önemde
9	Çok çok güçlü öneme sahip

Karar verici Tablo 1'de belirtilen önem derecelerine göre ikili karşılaştırma matrisini oluşturur (Tablo 2).

Tablo 2. İkili karşılaştırma matrisi

	1. ölçüt	2. ölçüt	3. ölçüt	...	n. ölçüt
1. ölçüt	a_{11}	a_{12}	a_{13}	...	a_{1n}
2. ölçüt	a_{21}	a_{22}	a_{23}	...	a_{2n}
3. ölçüt	a_{31}	a_{32}	a_{33}	...	a_{3n}
...	...	...	...	...	...
n. ölçüt	a_{n1}	a_{n2}	a_{n3}	...	a_{nn}

Tüm ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra ağırlık vektörü hesaplanır. Ağırlık vektörü Saaty (1980)'nin özvektör prosedürüne göre hesaplanır. Ağırlık vektörünün hesaplanması iki temel adımı içerir: Birincisi, ikili karşılaştırma matrisinin normalize edilmesi; ikincisi, normalize edilen değerlerden ağırlıkların hesaplanmasıdır. İkili karşılaştırma matrisindeki her bir sütunun elemanları, o sütunun toplam değerine bölünür. Böylece $A_w = [a_{ij}^*]_{n \times n}$ olarak

adlandırılan ve her sütundaki değerler toplamı 1'e eşit olan bir "Normalleştirilmiş İkili Karşılaştırma Matrisi" elde edilir. Normalleştirme işlemi tüm $j=1,2,...,n$ için aşağıdaki eşitliğe göre yapılır:

$$a_{ij}^* = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

Elde edilen A_w matrisinde, her bir satırda yer alan elemanların aritmetik ortalaması alınır. Ağırlıklar, tüm $i=1, 2,..., n$ değerleri için aşağıdaki eşitliğe göre hesaplanır:

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}^*}{n} \quad (2)$$

Bu aritmetik ortalama (1xn) boyutlu matrisin ilgili satırını oluşturmaktadır. Bunun sonucu olarak, n boyutlu w ağırlık vektörü elde edilir:

$$w = [w_1, w_2, ..., w_n]^T \quad (3)$$

Saaty (1980)'e göre ağırlık vektörü w ile ikili karşılaştırma matrisi A arasında aşağıdaki eşitlik mevcuttur:

$$A w = \lambda_{\max} w \quad (4)$$

$\lambda_{\max}$ değeri A matrisinin en büyük özdeğeri olarak adlandırılır. Bu terim ikili karşılaştırma matrisinin elemanları ile ağırlık vektörünün elemanlarının çarpılmasından oluşur.

$\lambda_{\max}$ değeri AHY içinde önemli bir parametredir ve Tutarlılık Oranı (TO)'nın (Consistency Ratio (CR)) hesaplanmasında bir temel katsayı olarak işlev görür (Saaty, 1991b). TO'nun hesaplanabilmesi için öncelikle bir Tutarlılık Katsayısı (TK)'nın hesaplanması gerekir. Saaty (1980)'e göre TK'nın hesaplanması için aşağıdaki eşitlik önerilmiştir:

$$TK = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (5)$$

Hesaplanan Tutarlılık Katsayısı (TK)'ndan anlamlı yorumlamalar yapabilmek amacıyla Saaty (1980) tarafından Tutarlılık Oranı (TO) terimi tanımlanmıştır:

$$TO = \frac{TK}{RK} \quad (6)$$

Burada RK, Rastlantısal Katsayı (Random Index) olarak adlandırılmaktadır. RK rastlantısal olarak belirlenmiş ikili karşılaştırma matrisinden türetilmiş bir katsayı değeridir.

Saaty (1980) tarafından, ayrıca, TO için bir üst limit de belirlenmiştir. Eğer $TO < 0.1$ olursa bu oran ikili karşılaştırmaların kabul edilebilir bir düzeyde olduğunu göstermektedir. Eğer $TO \geq 0.1$ ise bu oranın değeri ikili karşılaştırmaların tutarsız olduğunu gösterir ki tüm işlemin en baştan tekrarlanması gerekir. Başka bir deyişle, ikili karşılaştırma matrisinin elemanları tekrar gözden geçirilmeli ve bu işlemlerden sonra yeni bir tutarlılık oranı hesaplanmalıdır.

Problemin çözümünün son aşaması tüm düzeyleri kapsayacak bir bileşik ağırlıklandırmanın yapılmasıdır. Bu işlem hiyerarşinin her düzeyinde herhangi bir ağırlığın belirli bir sırada diğer hiyerarşi düzeyindeki ilgili ağırlıkla çarpılmasından oluşmaktadır. AHY, karar vericinin bir karar problemi üzerindeki çeşitlilik arzeden yargılarını, en iyi kararı verebilmek için sistematik bir biçimde oluşturmaktadır. İkinci düzeyden en alt düzeye kadar bu işlem adım adım devam ettirilmekte ve en son aşamada bir bileşik ağırlık vektörü elde edilmektedir.

5. YER SEÇİMİNDE AHY

Yer seçimi, tanımlanan bir arazi kullanımı için uygun bir alanın belirlenmesinde kapsamlı bir biçimde saptanmış amaç ve faktörlerin birlikte düşünülmesini gerektirmektedir. Örneğin endüstriyel bir tesis için yer seçimi işlemi ekonomik, sosyal, teknik ve çevresel disiplinlerce tanımlanmış bir dizi faktörü içermektedir. Özellikle tüm bu faktörlerin bir yer seçimi için birlikte düşünülmesi bu işlemi oldukça karmaşık hale getirmektedir (Jun, 2000).

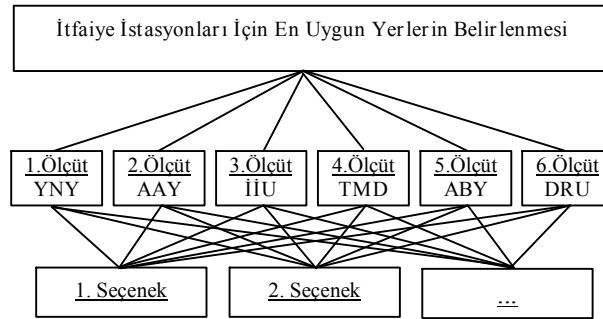
Yer seçimi problemi sonuç ürün olan karar vermede anahtar rol oynayan ölçütleri içeren bir çok ölçütlü karar verme problemidir. Bir tercih modeli oluşturularak karar vericilerin tercihlerinin değerlendirilmesi amacıyla birçok kuram ve yöntem geliştirilmiştir. Literatürde etkin bir yaklaşım olarak analitik hiyerarşi yöntemi uygulama alanı bulmaktadır (Saaty, 1994). Yer seçimi eylemi öncelikle bir yer seçimi kararının alınmasıyla başlamaktadır. Sonraki adımda yer seçimi faktörleri tanımlanmaktadır. İlgili faktörlerin ağırlıkları belirlendikten sonra her bir olası yerleşimin sıralanması başlanmaktadır. Karşılaştırma sonuçları analiz edilerek tercih edilen yerleşimlerin tanımlanması ve en uygun yerleşimin önerilmesiyle işlem sonlanmaktadır.

Yer seçimi analizinde AHY, katı atık depoları için en uygun yer seçiminden (Siddigui ve diğ., 1996); endüstri bölgelerinin seçimine (Eldrandaly ve diğ., 2003) kadar geniş bir alanda uygulama alanı bulmaktadır. Değinilen AHY destekli yer seçimi uygulamalarına ek olarak fuar alanı seçimi (Chen, 2006), mağaza yeri (Burnaz ve Topçu, 2006) ve hastane yeri seçimi (Ohta ve diğ., 2007) de verilebilir.

6. UYGULAMA

Çalışmada izlenen adımlar şu şekilde özetlenmektedir: 1) Çözülecek problemin/amacın belirlenmesi (bu çalışmaya özel olarak itfaiye istasyonları için en uygun yerlerin belirlenmesi eylemi); 2) İtfaiye istasyonlarının yeni yerlerinin belirlenmesinde etkili olan ölçütlerin belirlenmesi; 3) Verilerin elde edilmesi, hazırlanması ve düzenlenerek CBS ortamına aktarılması; 4) Parça parça olan veri gruplarının bir çalışma bölgesi oluşturacak şekilde düzenlenmesi ve her bir ölçüte (tabaka) karşılık gelen verilerin raster veri formatında gösterilmesi; 5) Raster veri gruplarının sınıflandırılması; 6) AHY'nin ikili karşılaştırma özelliğinden yararlanarak tercih matrislerinin oluşturulması; 7) Karar verici grubun görüşlerine dayanarak oluşturulan tercih matrisinden yararlanarak özdeğer ve özvektör değerlerinin hesaplanması; 8) AHY'nin önceliklerin sentezlenmesi özelliğinden faydalanarak ilgili her bir ölçüt için önem/ağırlık değerlerinin belirlenmesi; 9) Ölçütlere ağırlıklı toplama işlemi uygulanarak sonuç raster verisinin CBS ortamında elde edilmesi ve 10) Yeni itfaiye istasyon yerlerinin belirlenmesinde karar vericilere destek sağlayan bir sistemin önerilmesi (Erden, 2009).

Problemin çözümünün bu aşamasında, amacı gerçekleştirmek için gerekli ölçütler, daha önceden yapılmış çalışmalardan (proje, rapor, makale) yararlanarak ve çalışma bölgesinin yapısı baz alınarak belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda itfaiye istasyonları için en uygun yerlerin belirlenmesi amacıyla altı ölçüt saptanmıştır (İBB, 1989; Badri ve diğ., 1998): 1) Yüksek Nüfus Yoğunluğu (YNY); 2) Anaarterlere Yakınlık (AAY); 3) İtfaiye İstasyonuna Uzaklık (İİU); 4) Tehlikeli Madde Depolarına Yakınlık (TMD); 5) Ahşap ve Tarihi Binalara Yakınlık (ABY); 6) Deprem Riskinin Yüksek Olduğu Yerlere Uzaklık (DRU). Saptanan bu altı ölçüt Şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Amaç, ölçüt ve seçeneklerin hiyerarşik yapıda gösterimi

Projede çalışma bölgesi olarak İstanbul İli'nde Avrupa ve Anadolu Yakası'nın her iki kesiminde nüfusun yoğun olduğu yerlerle, 2002 tarihli J.I.C.A. verisinin (J.I.C.A. ve I.B.B., 2002) üretiminde temel alınan 3030 sayılı Büyükşehir Belediyeleri Kanunu'nun kapsadığı belediye sınırı temel alınmıştır. (Şekil 3). Şekil 3'te aynı zamanda 2008 yılı itibarıyla varolan itfaiye istasyonları da gösterilmektedir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, belirlenen ölçütler gözönüne alınarak İstanbul İli için yeni itfaiye istasyonu için en uygun yerler önerilmiştir. Belirlenen çalışma alanı içerisinde 23 adeti Avrupa Yakası'nda, 12 adeti Anadolu Yakası'nda olmak üzere 35 adet mevcut itfaiye istasyonu analize dahil edilmiştir. Çalışma bölgesi içinde bulunan 35 istasyonun uluslararası standart olan 5 dakika erişim zamanını sağlamadığı saptanmıştır. Mevcut istasyonlar için erişim analizi yapıldığında bu istasyonların erişim alanları arasında herhangi bir örtüşme olmadığı sonucuna da varılmıştır. Bu çalışmada, bundan dolayı, mevcut istasyonların yerlerinin değiştirilmesinden çok yeni istasyon yerlerinin önerilmesi üzerinde durulmuştur. Mevcut istasyonlar ile önerilen istasyonların uygun bir dağılım oluşturmaya özellikle dikkat edilmiştir. Önerilen yeni istasyon yerleri noktasal olmaktan çok mahalle bazlıdır. Özellikle nüfusun ve yapılaşmanın yoğun olduğu yerlerde boş alan, hazine/belediye arazisi gibi alanların bulunabilmesi oldukça zor olduğundan, bu işlem, uygulayıcılara önerilen bölge/mahalle içinde en uygun yerin tahsis edilmesine bağlı olmaktadır. Yapılandırılan analiz sonucunda değerlendirmeye alınan ölçütler uyarınca toplam 17 adet itfaiye istasyonu önerilmiştir (Şekil 4).

Analizler ve yapılan analizlerin yorumlanması sonucunda görülmektedir ki özellikle İstanbul İli için yeni itfaiye istasyonları açısından yer seçimi kaçınılmazdır. İleriye dönük projeksiyon sağlaması açısından analizlerde kullanılacak verilerin çözünürlüğünün ve güncelliğinin kesinlikle artırılması; ayrıca şehrin yapılaşma ve nüfus artışı yönüne paralel olarak tekrar yapılandırılması gerekmektedir.

Yapılandırılan analizlerden yine görülmektedir ki ölçüt ağırlıklarının doğru ve tutarlı bir biçimde belirlenmesi çok büyük önem arz etmektedir. Acil durum/afet yönetiminde ölçüt ağırlıklarının belirlenmesi önemli bir eylem olduğundan, bu durumda bir öneri olarak, ölçüt ağırlıklandırılması işlemi karar verici grubun dışında olmak üzere uygulayıcıların ve sivil otoritenin de görüşleri alınarak genişletilebilir. Genel bir uzlaşa sağlanması ve ölçüt ağırlıklarının sağlıklı bir şekilde belirlenmesi amacıyla her farklı grubun değerlendirmeleri bir araya getirilerek genel bir ölçüt ağırlıklandırma süreci de izlenip analizler bunun üzerine yapılandırılabilir. Ayrıca ölçüt ağırlıklandırmasına katılacak kişi ve kişi gruplarının ölçüt ağırlıklandırma süreci zamansal değişimlere göre de değerlendirmeye tabi tutulup ağırlık değişimleri incelenebilir. Değerlendirmeye katılan kişi sayıları artırılarak özellikle AHY açısından ölçüt ağırlıklandırma sürecindeki olası değişimler de gözlenebilir. Tüm bunlar uygulandıktan sonra CBS ortamında analizler yapılarak itfaiye istasyonları için yeni yer önerisinde bulunulabilir.

Bu çalışmada belirlenen ölçütler ve bu ölçütlere dayanarak gerçekleştirilen ağırlıklandırma süreci itfaiye istasyonları için yer seçimine yönelik olarak oluşturulmuştur. Yer seçimi modelleri uygulamaya özel problemlerdir ve değişkenleri/ölçütleri incelenen probleme göre farklılık gösterir. Gerçekleştirilen çalışma ambulans, polis gibi acil durum servislerinin yer seçimine yönelik olarak da genişletilebilir. Bu durumda sözü edilen bu servisler için en uygun yer seçiminin başarılması; yer seçimini etkileyecek ölçütlerin belirlenmesine, ölçütlerin bilimsel kriterlere göre önceliklendirilmesi/ağırlıklandırılmasına bağlı olmaktadır.

KAYNAKLAR

- Badri, M.A, Mortagy, A.M., Alsayed, C.A., 1998. *A Multi-objective Model for Locating Fire Stations*, European Journal of Operational Research, Vol. 110, pp: 243-260.
- Banai-Kashani, R., 1989. *A New Method for Site Suitability Analysis: The Analytic Hierarchy Process*, Environmental Management, Vol. 13 (6), pp: 685-693.
- Burnaz, S., and Topcu, Y.I., 2006. *A Multiple-Criteria Decision-making Approach for the Evaluation of Retail Location*, Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, Vol. 14, pp: 67-76.
- Chen, C-F., 2006. *Applying the Analytical Hierarchy Process (AHP) Approach to Convention Site Selection*, Journal of Travel Research, Vol. 45, pp: 167-174.
- Cheng, E.W.L., and Li, H., 2001. *Information Priority-setting for Better Resource Allocation Using Analytic Hierarchy Process*, Information Management and Computer Security, Vol. 9, No. 2, pp.61-70.
- Cowen, D., 1988. *GIS versus CAD versus DBMS: What are the Differences?*, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, Vol. 54, pp: 1551-1555.
- Davies, M., 2001. *Adaptive AHP: A Review of Marketing Applications with Extensions*, European Journal of Marketing, Vol. 35, Nos. 7/8, pp.872-893.
- Densham, P.J., and Goodchild, M.F., 1989. *Spatial Decision Support Systems: A Research Agenda*, In Proceedings, GIS/LIS'89, Orlando, FL, Vol. 2 (Bethesda, MD: American Congress on Surveying and Mapping), pp: 707-716.

- Eldrandaly, K., Eldin, N., and Sui, D., 2003. *A COM-based Spatial Decision Support System for Industrial Site Selection*, Journal of Geographic Information and Decision Analysis, Vol. 7, No. 2, pp: 72-92.
- Erden, T., 2009, *Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Analitik Hiyerarşi Yöntemi'ne Dayalı İtfaiye İstasyon Yer Seçimi: İstanbul Örneği*, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ertugrul, I., and Karakaşoğlu, N., 2008. *Comparison of Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS Methods for Facility Location Selection*, International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 39, pp: 783-795.
- İBB, 1989. *Kritik Risk Bölgeleri ve İstasyon Yerleri*, Cilt 7, İBB Yangın Güvenliği ve Yangından Korunma Araştırması, İTÜ.
- Jun, C., 2000. *Design of an Intelligent Geographic Information System for Multicriteria Site Analysis*, URISA Journal 12 (3); pp: 5-17.
- Kim, S.C. and Min, K.J., 2004. *Determining Multi-criteria Priorities in the Planning of Electric Power Generation: The Development of an Analytic Hierarchy Process for Using the Opinions of Experts*, International Journal of Management, Vol. 21, No. 2, pp.186-193.
- Kuruüzüm, A. ve Atsan, N., 2001. *Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları*, Akdeniz, İ.İ.B.F. Dergisi, Sayı:1, 83-105.
- Malczewski, J., 1999a. *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, John Wiley and Sons Inc. U.S.A. ISBN: 0471329444.
- Malczewski, J., 1999b. *Spatial Multicriteria Decision Analysis*, In: J-C. Thill (Ed.), *Multicriteria Decision-making and Analysis: A Geographic Information Sciences Approach*, Brookfield, VT: Ashgate Publishing, pp: 7-48.
- Massam, B.H., 1980, *Spatial Search*, Oxford: Pergamon Press.
- Millet, I., and Wedley, W.C., 2002. *Modelling Risk and Uncertainty with the Analytic Hierarchy Process*, Journal of Multicriteria Decision Analysis, Vol. 11, No. 2, pp.97-107.
- Min, H., 1994. *Location Analysis of International Consolidation Terminals Using the Analytic Hierarchy Process*, Journal of Business Logistics, Vol. 15, No. 2, pp.25-44.
- Ohta, K., et al, 2007. *Analysis of the Geographical Accessibility of Neurosurgical Emergency Hospitals in Sapporo City Using GIS and AHP*, International Journal of Geographical Information Science, Vol. 21 (6), pp: 687-698.
- Ramanathan, R., 2001. *A Note On the Use of the Analytic Hierarchy Process for Environmental Impact Assessment*, Journal of Environmental Management, Vol. 63, pp: 27-35.
- Saaty, T.L., 1980. *The Analytic Hierarchy Process*, New York, McGraw-Hill.
- Saaty, T.L., 1991b. *Some Mathematical Concepts of The Analytic Hierarchy Process*, Behaviormetrika, No. 29, pp: 1-9.
- Saaty, T.L., 1991a. *Modelling the Graduate Business School Admission Process*, Socio-Economic Planning Science, Vol. 25, pp.155-162.
- Siddiqui, M.Z, Everett, J.W., and Vieux, B.E., 1996. *Landfill Siting Using Geographic Information Systems: A Demonstration*, Journal of Environmental Engineering, ASCE, Vol. 122, No. 6.
- Simon, H.A., 1960. *The New Science of Management Decisions*, New York: Harper & Row.
- Starr, M.K., and Zeleny, M., 1977. *MCDM: State and Future of the Arts*, In: M.K. Starr and M. Zeleny (Eds.), *Multiple Criteria Decision Making*, Amsterdam: North-Holland, pp: 5-29.
- Yang, J., and Lee, H., 1997. *An AHP Decision Model for Facility Location Selection*, Facilities, Vol. 15, No: 9/10, pp: 241-254.
- Yoon, K.P., and Hwang, C-L., 1995. *Multiple Attribute Decision Making: An Introduction*, Sage University Paper Series on Quantitative Applications in the Social Sciences, 07-104, Thousands Oaks, CA: Sage.