

## ANALİTİK AĞ SÜRECİ YAKLAŞIMIYLA KURULUŞ YERİ SEÇİMİ

Talha USTASÜLEYMAN\*

Selçuk PERÇİN\*\*

### Öz:

*Küresel rekabet çağında kuruluş yeri seçimi, firmaların başarısındaki en kritik konulardan biri haline gelmiştir. Kuruluş yeri seçim kararı, değerlendirme süreci çok sayıda kriteri içerdiğinden ve birbirleriyle çelişen bu kriterler arasında bir uzlaşma gerektirdiğinden, oldukça karmaşık bir karar verme problemidir. Bu nedenle, çalışmanın amacını, çok kriterli bir karar verme tekniği olan analitik ağ süreci (AAS) yaklaşımıyla firmaların kuruluş yeri seçim kararlarının değerlendirilmesi oluşturmaktadır. Çalışmada, önerilen modelin literatürde yer alan yaklaşımlara olan üstünlüğünü göstermek amacıyla örnek bir uygulama sunulmuştur. AAS, hem nitel hem de nicel karar kriterlerini ve bunlar arasındaki bağımlılık ve geri besleme ilişkilerini dikkate almaktadır. Çalışmada, yeni bir kuruluş yerinin seçilmesinde, firmaların performans kriterleri, yer seçimini etkileyen ana kriterler ve bunlara ait alt kriterler dikkate alınmıştır. Ayrıca, üç kuruluş yeri alternatifini değerlendirilmiş ve en uygun kuruluş yeri seçilmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** Kuruluş yeri seçimi, Analitik Ağ Süreci, Çok kriterli karar verme.

## FACILITY LOCATION SELECTION USING ANALYTIC NETWORK PROCESS APPROACH

### Abstract:

*In the era of global business and competitiveness, facility location selection has emerged as the critical issue for the success of companies. Facility location*

---

\* Yardımcı Doçent, Karadeniz Teknik Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, talha@ktu.edu.tr

\*\* Yardımcı Doçent, Karadeniz Teknik Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, spercin@ktu.edu.tr

*selection decision is a highly complex decision-making problem, for the evaluation procedures involve several criteria and the solution to the problem calls for some compromises to be made between probable conflicting criteria. Therefore, this paper aims to evaluate the problem of facility location selection by using the analytic network process (ANP) approach, a multi-criteria decision-making technique. An illustrative example is presented in this paper to show the effectiveness and robustness of the proposed methodology over the existing quantitative approaches. The ANP technique enables us to consider both qualitative and quantitative criteria as well as the interdependencies and feedbacks. A number of criteria (performance criteria and main criteria) and their sub-criteria are considered for sitting a new facility with which this study has dealt. Three representative locations were evaluated and the most appropriate one was selected.*

**Keywords:** Facility location, Analytic Network Process, Multiple criteria decision making.

## GİRİŞ

Kuruluş yeri seçimi yeni kurulacak işletmeler için uzun vadeli özellik taşıyan, stratejik bir karar verme problemidir (MacCarthy ve Atthirawong, 2003:794). Yer seçim çalışmaları, Alfred Weber'in 1909'da tek bir satış merkezi ile müşterileri arasındaki mesafeyi minimize etmeye yönelik çalışması ile başlamıştır (Owen ve Daskin, 1998:425). Daha sonra Hakimi (1964)'nin polis merkezlerinin yeni yerleşim yerlerini belirlemeye yönelik çalışması ile yeniden önem kazanmıştır. 1964'den günümüze kadar yapılan çalışmalar ise uluslararası kuruluş yeri seçimine (Canel ve Khumawala, 1996; Canel ve Das, 2002; MacCarthy ve Atthirawong, 2003; Kodali ve Routroy, 2006; Canbolat vd., 2007), ulusal düzeyde kuruluş yeri seçimine (Yang ve Lee, 1997; Coughlin ve Segev, 2000; Partovi, 2006), perakende depo ve dağıtım merkezleri seçimine (Kuo vd., 1999; Chen, 2001; Mendes ve Themido, 2004; Eddie vd., 2005; Chan vd., 2007) yöneliktir. Bu çalışmaların amacı, maliyet, esneklik, teslimat hızı, işgücü ve malzeme kalitesi, enerji kullanımı ve sermaye maliyeti açısından avantaj sağlayacak en uygun kuruluş yerini belirlemeye yöneliktir (Partovi, 2006:46, Yang ve Lee, 1997:241).

Kuruluş yeri seçimi çalışmalarında çok sayıda kriter ve bu kriterler arasındaki ilişkileri matematiksel modeller yardımıyla açıklayan çok sayıda yöntem kullanılmıştır. En uygun kuruluş yerinin belirlenmesi bir dizi karmaşık faktörün göz önünde bulundurulmasını gerektiren çok kriterli karar verme (Multiple criteria decision making-ÇKKV) problemidir. Genel olarak ÇKKV teknikleri, çok sayıda birbirinden bağımsız faktörün etkisini dikkate alarak, karar vericiye en uygun seçeneğin belirlenmesinde yardımcı olan yaklaşımlardır. ÇKKV teknikleri içerisinde en popüler olanları ise Saaty (1994) tarafından geliştirilmiş olan Analitik Hiyerarşi Süreci

(Analytic Hierarchy Process-AHS) ve Anolitik Ağ Süreci (Analytic Network Process-AAS) yaklaşımlarıdır.

Her iki metotta karar vericinin niteliksel ve niceliksel faktörleri birlikte değerlendirdiği durumlarda kullanılır. Ancak AHS yönteminde, yalnızca hiyerarşik bir model yardımıyla problemler ifade edilebilmekte ve karar kriterleri arasındaki karşılıklı bağımlılık ilişkileri dikkate alınmamaktadır. Ancak, AAS yönteminde ise karar verme kriterleri, hiyerarşik bir model ya da ağa benzeyen yapısal bir model yardımıyla ifade edilmekte ve çok sayıda faktör arasındaki bağımlı ilişkiler göz önüne alınmaktadır. Çalışmada, yer seçimini etkileyen faktörler arasındaki bağımlı ilişkileri dikkate alması nedeniyle en uygun kuruluş yerinin seçimi probleminde AAS yaklaşımı kullanılacaktır. Bu doğrultuda çalışmanın temel amacını, AAS yaklaşımının kuruluş yeri seçim kararlarının değerlendirilmesinde nasıl kullanılabileceğini açıklamak oluşturmaktadır.

Çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Çalışmada öncelikle firmaların kuruluş yeri seçiminde kullandıkları kriterler ve uyguladıkları yöntemler literatür araştırmasından yararlanılarak tanıtılacaktır. Çalışmanın uygulama kısmında örnek bir uygulama modeli önerilecek ve AAS yaklaşımı yardımıyla bir imalat firması için en uygun kuruluş yeri belirlenecektir. Çalışmanın sonuç kısmında ise elde edilen bulgular tartışılacaktır.

## **D) KURULUŞ YERİ SEÇİMİNDE KULLANILAN KRİTERLER**

Kuruluş yeri seçimini etkileyen çok sayıda faktör bulunmaktadır. Yer seçimi, firmaların fiyat, kalite, teslimat ve esneklik boyutlarını içeren rekabet öncelikleri ya da performans kriterleri üzerinde önemli etkiye sahiptir (Yang ve Lee, 1997:241). Ayrıca, yer seçimini etkileyen çok sayıda nitel ve nicel faktör bulunmaktadır.

Yang ve Lee (1997), kuruluş yeri seçimini etkileyen nitel faktörleri pazar, ulaşım, işgücü ve toplum davranışlarından oluşan dört grupta toplamıştır. Pazar ana kriteri, pazar fırsatları, pazara yakınlık ve hammaddeye yakınlık alt kriterlerinden oluşurken, ulaşım ana kriteri, kara, deniz ve hava taşımacılığı olanaklarından oluşmaktadır. İşgücü ana kriteri, işgücü kalitesi, işgücü motivasyonu, sendikaların etkinliği, işsizlik oranı ve işgücü maliyetlerinden oluşmaktadır. Toplum ana kriteri içerisinde ise kentleşme düzeyi, örgüt iklimi ve eğitim bulunmaktadır. Chu (2002), Yang ve Lee (1997)'deki gruplandırmaya ek olarak enerji kaynaklarına ulaşılabilirlik ve yatırım maliyetlerini ana kriterler olarak belirlenmiştir. Ayrıca, Tzeng vd. (2002)'nin çalışmasında, her iki çalışmadaki faktörlere ilave olarak ekonomik faktörler, rekabet ve çevre kriterleri dikkate alınmıştır. Bununla birlikte, Eddie vd. (2005), Tzeng vd. (2002)'nin çalışmasındaki kriterlere ek olarak başlangıç yatırım maliyetleri ve yatırımcı kapasitesini ana kriterler olarak belirlemiştir. Chan vd. (2007)'nin çalışmasında ise yukarıdaki kriterlere ilave olarak arazi karakteristiği ve yaşam kalitesine önem verilmiştir. MacCarthy ve Atthirawong (2003) ve Kodali ve Routroy (2006)'un çalışmalarında ise kuruluş yeri seçimini etkileyen faktörler bir çok nitel ve

nicel faktörü içerecek biçimde ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Buna göre, işgücü faktörleri, sosyal ve kültürel faktörler, altyapı olanakları, tedarikçilere yakınlık, pazara yakınlık, rekabet gücü, ekonomik faktörler, yasal düzenlemeler ve özel yer seçim faktörleri, yer seçimini etkileyen ana kriterler olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada, benzer araştırmalar dikkate alınarak kuruluş yeri seçimini etkileyen ana kriterler; ekonomik faktörler, yasal ve hukuki düzenlemeler, sosyal ve kültürel faktörler ve özel yer seçim faktörleri olarak gruplandırılmıştır.

### **A) Ekonomik Faktörler**

Ekonomik faktörler kriteri, nicel faktörleri içeren üç alt kriterden oluşmaktadır. Bunlar, dışardan sağlanan fayda ve hizmet maliyetleri, hammadde ve malzeme maliyetleri ve ulaştırma maliyetleridir (Kodali ve Routroy, 2006:100; MacCarthy ve Atthirawong, 2003:797). Dışardan sağlanan fayda ve hizmet maliyetleri, su, enerji ve iletişimle ilgili maliyetleri içerirken, hammadde ve malzeme maliyetleri ve ulaştırma maliyetleri ürünlerin tedarik, üretim ve dağıtımını nedeniyle katlanılan diğer maliyet unsurlarını oluşturmaktadır (Galbraith vd., 1990:41, Partovi, 2006:41).

### **B) Yasal ve Hukuki Düzenlemeler**

Yasal ve hukuki düzenlemeler içerisinde yasal düzenlemeler, hükümet politikaları ve endüstri ilişkileri dikkate alınmaktadır (MacCarthy ve Atthirawong, 2003:797). Sigortacılık ve çevresel sınırlamalara ilişkin yasal düzenlemeler ve ithalat ve ihracata ilişkin hukuki yaptırım ve düzenlemeler yer seçiminde dikkate alınmaktadır (Kodali ve Routroy, 2006:100). Hükümet politikaları başlığı altındaki vergi oranları, ticaret sınırlamaları, faiz oranları, enflasyon ve döviz kurları (MacCarthy ve Atthirawong, 2003:797; Graf ve Mudambi, 2005:258) seçilecek yeri etkilerken, hükümetin ücret politikaları ve yerel yönetimlerin teşvikleri de karar vermede etkili olmaktadır (Canel ve Khumawala, 1996:51).

### **C) Sosyal ve Kültürel Faktörler**

Sosyal ve kültürel faktörler kategorisi kültür, nüfus yoğunluğu, iklim ve çevre ve yaşam kalitesi olmak üzere dört alt kriterden oluşmaktadır (Galbraith vd.,1990:41; MacCarthy ve Atthirawong, 2003:797). Kurulması düşünülen tesisin bulunduğu yerdeki kültürün, nüfus yoğunluğunun, iklim ve çevresel faktörlerin dikkate alınması gerekir. Ayrıca, hayat pahalılığı, eğitim düzeyi, okullaşma oranı, sağlık hizmetlerinin maliyeti ve suç oranı gibi faktörlerden oluşan yaşam kalitesi kriteri de kuruluş yeri seçimini etkilemektedir (Chan vd., 2007:729).

#### **D) Özel Yer Seçim Faktörleri**

Özel yer seçim faktörleri, pazar fırsatları, arsa ve arazi özellikleri, işgücü karakteristikleri ve altyapı kriterlerinden oluşmaktadır. Pazar fırsatları ile ilgili kriterler, pazarın genişleyebilme imkanı, yerleşim alanının konumu, hammadde ve enerji kaynaklarına yakınlık, tedarikçilere ve müşterilere yakınlık ve güvenlik faktörlerini içermektedir (Canel ve Khumawala, 1996:51; Yang ve Lee, 1997:244; Chan vd., 2007:729). Arsa ve arazi özellikleri, arsa ve arazinin maliyeti ve uygunluğu, genişleyebilme olanakları ve fabrika inşaatına ilişkin yeterlilikleri içermektedir (Tzeng vd., 2002:173; Eddie vd., 2005:89; Chan vd., 2007:729). İşgücü karakteristikleri, işgücü kalitesi ve bulunabilirliği, teknik ve yönetsel personel bulunabilirliği, işgücünün verimliliği, işgücü maliyetleri, işgücü devir oranı ve sendikaların etkinliğine ilişkin kriterlerden oluşmaktadır (MacCarthy ve Atthirawong, 2003:797). Ayrıca altyapı kriterleri, iletişim ve ağ sistemleri, eğitim, sağlık hizmetleri olanakları, sosyal tesislerin varlığı, belediye hizmetleri ve yan sanayinin varlığı faktörlerinden oluşmaktadır (Galbraith vd., 1990:41; Kodali ve Routroy, 2006:100).

#### **II) KURULUŞ YERİ SEÇİMİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER**

Kuruluş yeri seçimi problemlerinde farklı yöntem ve modeller kullanılmıştır. Bu yöntemleri matematiksel yöntemler, istatistiksel yöntemler ve ÇKKV teknikleri olmak üzere üç grupta toplamak mümkündür. Tablo : 1’de kuruluş yeri seçimi problemlerinde kullanılan değerlendirme yöntemleri görülmektedir.

Günümüzde pek çok işletme tarafından kullanılan matematiksel ve istatistiksel yöntemler, çeşitli karar ortamlarında yöneticilerin sorunlarının tümünü çözmede yetersiz kalabilmektedir. Örneğin kurulan modele uygun verilerin elde edilmesinin zor olması, karar vermede kullanılan sayısal verilerin çoğunluğunun sabit olarak alınması, bilgisayardaki çözümlerin bilgisayar zamanı olarak çok zaman alması gibi bazı sorunlar matematiksel ve istatistiksel yöntemlerin kullanılmasını kısıtlamaktadır. Ayrıca bu yöntemler yalnızca sayısal verilere dayanmaktadır ve sayısal olmayan verilerin kullanılmasına olanak vermemektedir (Saat, 2000:149-150). Ancak, bir çok karar verme probleminde belirli bir amacı gerçekleştirmek üzere birden fazla nicel ya da nitel kriter, bunlara ait alt kriterler ve alternatifler söz konusu olabilmektedir. Bunlardan bazıları birbirleriyle çeliştiğinde kullanılacak en uygun yöntemler ise ÇKKV teknikleri olarak ortaya çıkmaktadır.

**Tablo : 1**  
**Kuruluş Yeri Seçimi Problemlerinde Kullanılan Değerlendirme Yöntemleri**

Değerlendirme Yöntemi	Yazarlar
<i>Matematiksel Metotlar</i>	
Tam sayılı programlama	Canel ve Khumawala, 1996; Canel ve Das, 2002
Kuadratik programlama	Comley, 1995
Sezgisel (Heuristik) yaklaşım	Klose, 1999; Berman vd., 2001
Karar Analizi	Drezner ve Guyse, 1999
<i>İstatistiksel Metotlar</i>	
Negatif Binom dağılım	Coughlin ve Segev, 2000
Faktör analizi ve ANOVA	Karakaya ve Canel 1998; Galbraith vd., 1990
Logit ve tobit analizi	Smith ve Richard, 1994
Çoklu regresyon analizi	Nobuaki vd., 1998
<i>Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri</i>	
AHS	Zahir, 1991; Yang ve Lee, 1997; Tzeng vd., 2002; Kodali ve Routroy, 2006
AHS ve Hedef Programlama	Badri, 1999
Bulanık Küme (Fuzzy Set) Teorileri	Chen, 2001
Bulanık TOPSIS yöntemi	Chu, 2002
Bulanık AHS	Kuo vd., 1999; Kahraman vd., 2003; Chan vd., 2007
AHS ve AAS	Eddie vd., 2005; Partovi, 2006
AAS	Tuzkaya vd.,2007.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde ÇKKV teknikleri içerisinde yer alan AHS yaklaşımının çok sayıda kuruluş yeri seçimi probleminde uygulandığı görülmektedir. Ancak AAS yaklaşımı ile ilgili literatürde sınırlı sayıda uygulama bulunmaktadır (Tablo:1). Türkçe literatürde ise AAS yaklaşımının yalnızca tedarikçi seçimi (Demirtaş ve Üstün, 2004), pazar ve depo sahası seçimi (Dikmen vd., 2005; Köse vd., 2005) problemlerinde kullanıldığı görülmüştür. Ancak AAS yöntemi, Türkçe literatürde bir firmanın en uygun kuruluş yerinin seçiminde ilk kez kullanılacaktır.

### III) ANALİTİK AĞ SÜRECİ (AAS) YAKLAŞIMI

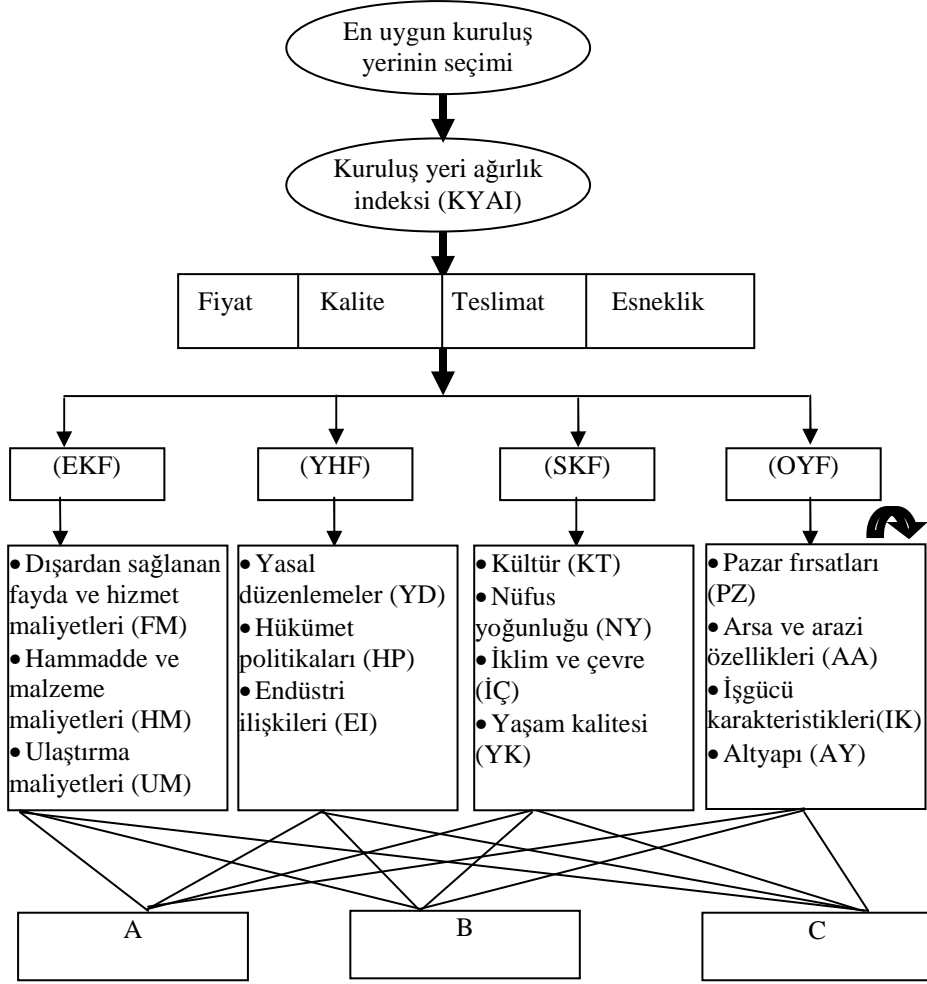
AAS, karar verme sürecini etkileyen kriterler ve alt kriterler arasındaki her türlü bağımlılık ve geri besleme ilişkilerini sistematik olarak ortaya koyma olanağı veren bir metodolojidir (Sarkis, 1998:167). AAS'nin AHS'ne göre üstünlüğü, kriterler ve kriterlerin oluşturduğu kümeler arasındaki etkileşimleri belirleme olanağı vermesinden kaynaklanmaktadır. Bu etkileşimler grup içi ve gruplar arası etkileşimler olarak adlandırılmaktadır. Eğer aynı küme içerisinde yer alan kriterler arasında etkileşim varsa grup içi etkileşim, farklı kümeler arasında yer alan kriterler arasında etkileşim var ise gruplar arası etkileşim söz konusudur (Meade ve Sarkis, 1999:246). Kriterler ve kümeler arasındaki etkileşimler belirlendikten sonra, AHS'nin öngördüğü temel karşılaştırma ölçeği kullanılarak ikili karşılaştırmalar yapılmaktadır. Tablo : 2, temel karşılaştırma ölçeğini göstermektedir (Saaty, 1994:26).

**Tablo : 2**  
**Temel Karşılaştırma Ölçeği**

Önem derecesi	Tanımı	Açıklaması
1	Eşit derecede önemli	Her iki faaliyet amaca eşit katkıda bulunur.
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre biraz daha fazla tercih edilir.
5	Güçlü derecede önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucunda bir faaliyet diğerine göre çok daha fazla tercih edilir.
7	Çok güçlü derecede önemli	Bir faaliyet diğerine göre çok güçlü şekilde tercih edilir. Uygulamada üstünlüğü ispatlanmıştır.
9	Son derece önemli	Bir faaliyet diğerine göre mümkün olan en yüksek derecede tercih edilir.
2, 4, 6, 8	Yukarıdaki değerler arasındaki ara değerler	Bir değerlendirmeyi yapmakta sözler yetersiz kalıyorsa, sayısal değerlerin ortasındaki bir değer verilir.

İkili karşılaştırmalardan sonra her grupta yer alan kriterlerin ağırlıkları (özevktörler) hesaplanır ve bu ağırlıklara dayalı olarak alternatifler sıralanır. Aşağıda AAS yönteminin uygulamasındaki aşamalar açıklanmaktadır (Sarkis, 1998; Meade ve Sarkis, 1999; Agarwal ve Shankar, 2003; Ravi vd., 2005; Jharkharia ve Shankar, 2007):

*1. Adım. Modelin kurulması ve problemin formüle edilmesi:* Çalışmada imalat firmalarının yer seçim kararlarının değerlendirilmesi amacıyla bir AAS modeli geliştirilmiştir. Modelin amacı, kuruluş yeri seçimini etkileyen tüm kriterleri ve bu kriterler arasındaki ilişkileri hiyerarşik bir ağ yapısı aracılığıyla tanımlayarak, en uygun kuruluş yerini belirlemektir. Model, imalat firmalarının performans kriterlerini ve yer seçim kararını etkileyen ana kriterleri esas almaktadır. Performans kriterleri literatüre uygun biçimde fiyat, kalite, teslimat ve esneklik boyutlarından oluşmaktadır. Buna göre, modelde en üst düzeyde yer alan performans kriterleri, yer seçimini etkileyen ana kriterleri doğrudan (yukarıdan aşağıya doğru) etkilemektedir. Modelde ikinci düzeyde yer alan ana kriterler, ekonomik faktörler, yasal ve hukuki düzenlemeler, sosyal ve kültürel faktörler ve özel yer seçim faktörlerinden oluşmaktadır. Üçüncü düzeyde, her ana kriterin gerçekleşmesine yardımcı olan alt kriterler bulunmaktadır. Alt kriterler ve alt kriterlerin ait olduğu ana kriterler arasında gruplar arası etkileşim söz konusudur. Ayrıca tüm alt kriterler arasında grup içi etkileşim bulunmaktadır. Modelde alt kriterler arasındaki grup içi etkileşimi göstermek amacıyla bir “döngü” kullanılmıştır. Modelde en alt düzeyde ise kuruluş yeri alternatifleri (A, B ve C) yer almaktadır. Şekil : 1, AAS yaklaşımı için en uygun kuruluş yeri seçim modelini göstermektedir.



**Şekil : 1**  
**AAS Yaklaşımı İçin En Uygun Kuruluş Yeri Seçim Modeli**

2. Adım. İkili karşılaştırmalar matrislerinin oluşturulması ve ağırlıkların belirlenmesi: Bu aşamada karar vericiler, her kriterin bir üst düzeyde ilişkili olduğu “kontrol kriterine” göre ikili karşılaştırmalar yapmaktadır (Agarwal ve Shankar, 2003:329). İkili karşılaştırma soruları, temel karşılaştırma ölçeğinden yararlanılarak yanıtlanmıştır (Tablo : 2). Örneğin, “fiyat kriterinin kalite kriterine göre KYAI üzerindeki göreceli önem düzeyi nedir?” biçiminde bir soru sorulmuştur. Tablo : 3,



performans kriterlerine ilişkin ikili karşılaştırmalar matrisini göstermektedir. Buna göre, Tablo : 3'ün 3. sütununda yer alan 4 rakamı, fiyatın kaliteye oranla 4 kat daha önemli olduğunu göstermektedir. Bu yargının terside doğrudur. Dolayısıyla, kalite, fiyata oranla 1/4 önem düzeyindedir (Tablo : 3, 2.sütun).

Tablo : 3'ün son sütununda yer alan özvektör değerleri, performans kriterleri için ağırlıklı öncelik değerlerini göstermektedir. Özvektörlerin hesaplanması için sütunlarda yer alan değerler toplanarak sütun toplamaları elde edilir. Daha sonra sütunda yer alan her değer sütun toplamına bölünerek normalleştirilir. Son olarak, satırda yer alan değerlerin ortalamaları bulunarak özvektörler elde edilir (Ravi vd., 2005:342-343). Bulunan özvektör değerleri alternatif kuruluş yerlerine ilişkin ağırlık indeksinin (KYAI) hesaplanması amacıyla Tablo : 11'de kullanılacaktır. Tablo : 3'e göre, esneklik, 0.477 değeri ile en yüksek ağırlığa sahip performans kriteri olarak belirlenmiştir.

**Tablo : 3**  
**Performans Kriterlerine İlişkin İkili Karşılaştırmalar Matrisi**

	FYT	KLT	TLT	ESN	Özvektör
Fiyat (FYT)	1	4	2	1/2	0.288
Kalite (KLT)	1/4	1	1/2	1/5	0.081
Teslimat (TLT)	1/2	2	1	1/3	0.154
Esneklik (ESN)	2	5	3	1	0.477

Sonraki aşama, kuruluş yeri seçimini etkileyen ana kriterler, alt kriterler ve alternatiflere ilişkin ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasıdır. Öncelikle, yer seçimini etkileyen ana kriterlerin performans kriterlerine göre ağırlıklı öncelik değerlerinin bulunması gerekir. Tablo : 4, kuruluş yeri seçimini etkileyen ana kriterlere ilişkin ikili karşılaştırmalar matrisini göstermektedir. Tablo : 4'e göre, özel yer seçim faktörleri en yüksek ağırlığa sahip ana kriter olarak belirlenmiştir. Tablo : 4'den elde edilen özvektör değerleri, KYAI'nin hesaplanması için Tablo : 10'da  $P_{ja}$  olarak yer alacaktır.

**Tablo : 4**  
**Kuruluş Yeri Seçimini Etkileyen Ana Kriterlere İlişkin İkili Karşılaştırmalar Matrisi**

Fiyat	EKF	YHF	SKF	ÖYF	Özvektör
Ekonomik faktörler (EKF)	1	2	6	1/2	0.303
Yasal ve hukuki düzenlemeler (YHF)	1/2	1	3	1/3	0.161
Sosyal ve kültürel faktörler (SKF)	1/6	1/3	1	1/6	0.060
Özel yer seçim faktörleri (ÖYF)	2	3	6	1	0.476

Tablo : 5’de ekonomik faktörler (EKF) altında yer alan alt kriterler arasındaki ikili karşılaştırmalar matrisi görülmektedir. Bu matrisinin elde edilebilmesi için, karar vericinin yanıtlaması gereken soru: “dışardan sağlanan fayda ve hizmet maliyetlerinin, hammadde ve malzeme maliyetlerine göre, KYAI üzerindeki göreceli önem düzeyi nedir?” biçimindedir. Tablo : 5’de, dışardan sağlanan fayda ve hizmet maliyetleri en yüksek ağırlığa sahip kriter olarak bulunmuştur (0.705). Tablo : 5’den elde edilen özvektörler, Tablo : 10’da  $A_{kja}^D$  olarak yer alacaktır.

**Tablo : 5**  
**Ekonomik Faktörler (EKF) Altında Yer Alan Alt Kriterler Arasındaki İkili Karşılaştırmalar Matrisi**

<b>Ekonomik Faktörler (EKF)</b>	FM	HM	UM	Özvektör
Dışardan sağlanan fayda ve hizmet maliyetleri (FM)	1	4	7	0.705
Hammadde ve malzeme maliyetleri (HM)	1/4	1	3	0.211
Ulaştırma maliyetleri (UM)	1/7	1/3	1	0.084

Sonraki aşama, kuruluş yeri alternatiflerinin (A, B ve C) alt kriterler üzerindeki göreceli önem düzeylerinin belirlenmesidir. Tablo : 6’da “A” alternatif kuruluş yerinin dışardan sağlanan fayda ve hizmet maliyetleri üzerindeki etkisi görülmektedir. Tablo : 6’dan elde edilen özvektörler Tablo : 10’da sırasıyla S1, S2 ve S3 olarak yer alacaktır.

**Tablo : 6**  
**“A” Alternatif Kuruluş Yerinin Dışardan Sağlanan Fayda ve Hizmet Maliyetleri (FM) Üzerindeki Etkisi**

<b>Dışardan sağlanan fayda ve hizmet maliyetleri (FM)</b>	A	B	C	Özvektör
“A” Alternatif Kuruluş Yeri	1	9	7	0.793
“B” Alternatif Kuruluş Yeri	1/9	1	1/2	0.076
“C” Alternatif Kuruluş Yeri	1/7	2	1	0.131

3. Adım. *Bağımlılık ilişkilerinin değerlendirilmesi:* Grup içi bağımlılık ilişkilerinin değerlendirilebilmesi için aynı küme altında yer alan tüm alt kriterler arasında ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması gerekir (Meade ve Sarkis, 1999:253). Bu aşamada karar vericinin yanıtlaması gereken soru: “fiyat kriterini etkileme konusunda hammadde ve malzeme maliyetleri dikkate alındığında, dışardan sağlanan fayda ve hizmet maliyetlerinin, ulaştırma maliyetlerine göre KYAI üzerindeki göreceli önem düzeyi nedir?” biçimindedir. Tablo : 7, fiyat, ekonomik faktörler (EKF) ve hammadde ve malzeme maliyetleri (HM) altında yer alan alt kriterlere ilişkin ikili karşılaştırma matrisini göstermektedir. Tablo : 7’de dışardan sağlanan fayda ve hizmet

maliyetleri en yüksek ağırlığa sahip kriter olarak bulunmuştur (0.750). Tablo : 7'den elde edilen özvektör değerleri, süper matris oluşturulması amacıyla Tablo : 8'de kullanılacaktır.

**Tablo : 7**  
**Fiyat, Ekonomik Faktörler ve HM Altında Yer Alan Alt Kriterlere İlişkin İkili Karşılaştırmalar Matrisi**

<b>Hammadde ve malzeme maliyetleri (HM)</b>	<b>MU</b>	<b>TE</b>	<b>Özvektör</b>
Dışardan sağlanan fayda ve hizmet maliyetleri (FM)	1	3	0.750
Ulaştırma maliyetleri (UM)	1/3	1	0.250

4. Adım. Süper matrisin oluşturulması: Modelde, her performans kriterini dikkate alacak biçimde dört adet süper matris kurulması ve bu matrislerin değerlendirilmesi gerekir. Süper matrisler, modelde yer alan grup içi bağımlılık ilişkilerinin (ikili karşılaştırma matrislerinin) değerlendirilmesiyle elde edilmektedir (Jharkharia ve Shankar, 2007:283). Tablo : 8, fiyat kriterini etkilemede, ana kriterler altında yer alan her alt kriterin birbirlerine göre göreceli önem düzeylerini göstermektedir. Dolayısıyla, Tablo : 8'deki değerler, Tablo : 7'deki grup içi bağımlılık ilişkilerini yansıtan ikili karşılaştırma matrislerinden elde edilmiştir. Tablo : 8'de, 14 alt kriterin grup içi ikili karşılaştırma matrisleri yer almaktadır. Ayrıca, Tablo : 8'deki bütünleşmemiş  $M$  süper matrisinin bütünleştirilmesi, bir başka deyişle sütun toplamalarının 1 olacak biçimde güçlendirilmesi gerekir (Ravi vd., 2005:345; Jharkharia ve Shankar, 2007:283). Tablo : 9, fiyat kriteri için bütünleşmiş  $M$  süper matrisini göstermektedir.

5. Adım. En iyi alternatifin seçilmesi: En iyi kuruluş yeri alternatifinin seçilebilmesi için, performans kriterlerinin her birine ilişkin indeks değerlerinin hesaplanması gerekir. İndeks değerleri, kuruluş yeri alternatiflerinin (A, B ve C) performans kriterlerini etkilemedeki göreceli önem düzeyini yansıtmaktadır. Fiyat kriteri için indeks değeri aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır (Meade ve Sarkis, 1999:255; Jharkharia ve Shankar, 2007:285):

$$D_{ia} = \sum_{j=1}^j \sum_{k=1}^{K_{ja}} P_{ja} A_{kja}^D A_{kja}^I S_{ikja}, \quad (1)$$

Fiyat indeks değerinde yer alan  $P_{ja}$ , ana kriterlerin (EKF, YHF, SKF ve OYF) fiyat kriteri üzerindeki etkisini yansıtmaktadır.  $A_{kja}^D$ , fiyat kriterini etkilemede, alt kriterlerin, ana kriterler üzerindeki etkisini göstermektedir.  $A_{kja}^I$  her bir alt kriter için

bağımlılık ilişkilerinin değerlendirilmesiyle elde edilen bütünleşmiş değerleri (Tablo : 9) yansıtmaktadır.  $S_{ikja}$  fiyat kriterini etkilemede, alternatiflerin, alt kriterler üzerindeki etkisini göstermektedir.

Tablo : 10, fiyat indeks değerlerini ve bu değerlere ilişkin normleştirme sonuçlarını göstermektedir. Tablo : 10'un 3. sütununda ( $P_{ja}$ ) yer alan değerler, ana kriterlere ilişkin ikili karşılaştırmalar matrisinden elde edilmiştir (Tablo : 4). Tablo : 10'un 4. sütununda ( $A_{kja}^D$ ) yer alan değerler alt kriterler arasındaki ikili karşılaştırmalar matrisinden elde edilmiştir (Tablo : 5). Tablo : 10'un 5. sütununda ( $A_{kja}^I$ ) yer alan değerler, fiyat kriteri için bütünleşmiş  $M$  süper-matrisinden elde edilmiştir (Tablo : 9). Tablo : 10'un 6, 7 ve 8. sütununda (S1, S2 ve S3) yer alan değerler, alternatif kuruluş yerlerinin alt kriterleri etkilemedeki gücünü göstermektedir (Tablo : 6). Elde edilen veriler (1) numaralı denklemde yerine konulduğunda, alternatiflerin her biri için ağırlıklı değerler elde edilir. Tablo : 10'a göre, fiyat kriteri açısından "A" kuruluş yeri alternatifi en yüksek ağırlığa sahiptir (0.43476).

6. Adım. Kuruluş Yeri Ağırlık İndeksinin (KYAI) Hesaplanması: KYAI, aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır (Meade ve Sarkis, 1999:259; Jharkharia ve Shankar, 2007:285):

$$KYAI_i = \sum D_{iaN} C_a, \quad (2)$$

KYAI'nin hesaplanabilmesi için Tablo : 3'den elde edilen performans kriterlerine ilişkin özvektör değerleri ile Tablo : 10'dan elde edilen fiyat kriterine ilişkin normleştirilmiş değerlerin çarpılması gerekir. Ayrıca diğer performans kriterleri olan, kalite, teslimat ve esneklik kriterlerinin de özvektör ve normleştirilmiş değerlerinin elde edilerek çarpılması gerekir. Tablo : 11, yalnızca fiyat kriteri için alternatiflerin KYAI değerlerini göstermektedir. Tablo : 11'den elde edilen sonuçlar, fiyat kriterine göre yapılan değerlendirmede en yüksek ağırlığa "C" kuruluş yerinin sahip olduğunu göstermektedir (0.4136).

**Tablo : 8**  
**Fiyat Kriteri İçin Bütünleşmemiş M Süper-Matrisi**

	FM	HM	UM	YD	HP	EI	KT	NY	İÇ	YK	PZ	AA	İK	AY
FM	0	0.750	0.667											
HM	0.333	0	0.333											
UM	0.667	0.250	0											
YD				0	0.875	0.857								
HP				0.833	0	0.143								
EI				0.167	0.125	0								
KT							0	0.60	0.50	0.40				
NY							0.50	0	0.25	0.40				
İÇ							0.25	0.20	0	0.20				
YK							0.25	0.20	0.25	0				
PZ											0	0.292	0.122	0.615
AA											0.109	0	0.230	0.319
İK											0.582	0.093	0	0.066
AY											0.309	0.615	0.648	0

**Tablo : 9**  
**Fiyat Kriteri İçin Bütünleşmiş M Süper-Matrisi**

	FM	HM	UM	YD	HP	EI	KT	NY	İÇ	YK	PZ	AA	İK	AY
FM	0.412	0.412	0.412											
HM	0.250	0.250	0.250											
UM	0.338	0.338	0.338											
YD				0.466	0.466	0.466								
HP				0.406	0.406	0.406								
EI				0.128	0.128	0.128								
KT							0.340	0.340	0.340	0.340				
NY							0.291	0.291	0.291	0.291				
İÇ							0.181	0.181	0.181	0.181				
YK							0.188	0.188	0.188	0.188				
PZ											0.282	0.282	0.282	0.282
AA											0.183	0.183	0.183	0.183
İK											0.203	0.203	0.203	0.203
AY											0.332	0.332	0.332	0.332

**Tablo : 10**  
**Fiyat İndeks Değerleri**

	Kriterler	$P_{ja}$	$A_{kja}^D$	$A_{kja}^I$	S1	S2	S3	A	B	C
Ekonomik faktörler (EKF)	FM	0.303	0.705	0.412	0.793	0.076	0.131	0.06979	0.00669	0.01153
	HM	0.303	0.211	0.250	0.102	0.682	0.216	0.00163	0.01090	0.00345
	UM	0.303	0.084	0.338	0.615	0.117	0.268	0.00529	0.00101	0.00231
Yasal ve hukuki düzenlemeler (YHF)	YD	0.161	0.700	0.466	0.185	0.156	0.659			
								0.00972	0.00819	0.03461
	HP	0.161	0.200	0.406	0.160	0.691	0.149	0.00209	0.00903	0.00195
	EI	0.161	0.100	0.128	0.114	0.405	0.481	0.00023	0.00083	0.00099
Sosyal ve kültürel faktörler (SKF)	KT	0.060	0.271	0.340	0.109	0.630	0.261			
								0.00060	0.00348	0.00144
	NY	0.060	0.191	0.291	0.286	0.143	0.571	0.00095	0.00048	0.00190
	İÇ	0.060	0.120	0.181	0.073	0.727	0.200	0.00009	0.00095	0.00026
	YK	0.060	0.418	0.188	0.172	0.102	0.726	0.00081	0.00048	0.00342
Özel yer seçim faktörleri (ÖYF)	PZ	0.476	0.410	0.282	0.315	0.603	0.082	0.01734	0.03319	0.00451
	AA	0.476	0.301	0.183	0.751	0.178	0.071	0.01969	0.00467	0.00186
	İK	0.476	0.118	0.203	0.211	0.084	0.705	0.00241	0.00096	0.00804
	AY	0.476	0.171	0.332	0.230	0.122	0.648	0.00622	0.00330	0.01751
Fiyat İndeks değerleri $D_{ia}$								0.13687	0.08415	0.09379
Normalleştirilmiş indeks değerleri $D_{iaN}$								0.43476	0.26731	0.29793

**Tablo : 11**  
**Fiyat Kriteri İçin Alternatiflerin KYAI Değerleri**

Alternatifler	FİYAT	KALİTE	TESLİMAT	ESNEKLİK	KYAI
Özvektör	0.288	0.081	0.154	0.477	
A kuruluş yeri	0.4348	0.2974	0.2143	0.2543	0.3036
B kuruluş yeri	0.2673	0.2722	0.3103	0.2851	0.2828
C kuruluş yeri	0.2979	0.4304	0.4754	0.4606	0.4136

## SONUÇLAR

Kuruluş yeri seçimi çok sayıda niceliksel ve niteliksel kriterin birlikte değerlendirilmesini gerektiren stratejik bir karardır. Literatürde kuruluş yeri seçim kararlarının matematiksel, istatistiksel ya da ÇKKV tekniklerini içeren modeller yardımıyla çözüldüğü görülmektedir.

AAS yaklaşımı, karar kriterleri ve alternatifler arasındaki bağımlı ilişkileri dikkate aldığından diğer yöntemlere kıyasla çok daha gerçekçi sonuçlar sunabilen bir ÇKKV tekniğidir. En uygun kuruluş yerinin belirlenmesi amacıyla geliştirilen modelde, imalat firmalarının performans kriterleri, yer seçimine etki eden ana kriterler, alt kriterler ve alternatifler, hiyerarşik bir ağ yapısı aracılığıyla sunulmuştur. Daha sonra tüm kriter, alt kriter ve alternatifler arasındaki ilişkiler dikkate alınarak kuruluş yeri ağırlık indeksi (KYAI) hesaplanmıştır. KYAI sonuçlarına göre örnek uygulama açısından en uygun kuruluş yeri “C” kuruluş yeri olarak belirlenmiştir. Ayrıca esneklik kriterinin yer seçiminde en yüksek ağırlığa sahip (0.477) performans kriteri olduğu görülmüştür.

Geliştirilen AAS modeli yardımıyla, firmalar yer seçim kararlarına etki eden faktörleri analiz ederek en uygun kuruluş yeri alternatifini seçebileceklerdir. Ayrıca geliştirilen model, karar verme sürecinin ilk aşamalarında yer alan firmalara, hangi karar kriterlerini dikkate almaları gerektiği konusunda yol gösterebilecektir.



## KAYNAKÇA

- AGARWAL, A. and SHANKAR, R. (2003), "On-line trust building in e-enabled supply chain", *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 8, No: 4, pp. 324-334.
- BADRI, M.A. (1999), "Combining the Analytic Hierarchy Process and Goal Programming For Global Facility Location-Allocation Problem", *International Journal of Production Economics*, Vol. 62, pp. 237-248.
- BERMAN, O., DREZNER, Z. and WESOŁOWSKY, G.O. (2001), "Location of facilities on a network with groups of demand points", *IIE Transactions*, Vol. 33, No: 8, pp. 637-648.
- CANBOLAT, Y.B., CHELST, K. and GARG, N. (2007), "Combining decision tree and MAUT for selecting a country for a global manufacturing facility", *International Journal of Management Science*, Vol. 35, No: 3, pp. 312-325.
- CANEL, C. and DAS S.R. (2002), "Modeling Global Facility Location Decisions: Integrating Marketing and Manufacturing Decisions", *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 102, No: 2, pp.110-118.
- CANEL, C. and KHUMAWALA, B.M. (1996), "A mixed-integer programming approach for the analysis of an international facilities location problem", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 16, No:4, pp. 49-68.
- CHAN, F.T.S., KUMAR, N. and CHOY, K.L. (2007), "Decision making approach for the distribution centre location problem in a supply chain network using the fuzzy-based hierarchical concept", *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part B, Journal of Engineering Manufacture*, Vol. 221, No: 4, pp. 725-739.
- CHEN, C.T. (2001), "A fuzzy approach to select the location of the distribution centre", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 118 pp. 65-73.
- CHU, T.-C. (2002), "Selecting Plant Location via a Fuzzy TOPSIS Approach", *International Journal of Advanced Manufacturing Technologies*, Vol. 20, pp. 859-864.
- COMLEY, W.J. (1995), "Location of ambivalent facilities: use of a quadratic zero-one programming algorithm", *Applied Mathematical Modelling*, Vol. 19, No: 1, pp. 26-29.
- COUGHLIN, C.C. and SEGEV, E. (2000), "Location determinants of new foreign-owned manufacturing plants", *Journal of Regional Science*, Vol. 40 No: 2, pp. 323-351.
- DEMİRTAŞ, E.A. ve ÜSTÜN, Ö. (2004), "Tedarikçi seçimi ve sipariş tahsisinde analitik serim süreci ve hedef programlama yaklaşımı", *YA/EM 2004 Yöneyem araştırması/Endüstri mühendisliği, XXIV. Ulusal Kongresi*, 15-18 Haziran, Gaziantep-Adana.
- DİKMEN, İ., BİRGÖNÜL, M.T. ve ÖZORHON, B. (2005), "Uluslararası Pazar Seçiminde Bir ANP (Analytic Network Process) Uygulaması", *3. Yapı İşletmesi Kongresi*, 29-30 Eylül.
- DREZNER, Z. and GUYSE, J. (1999), "Application of Decision Analysis Techniques To The Weber Facility Location Problem", *European Journal of Operational Research*, Vol.116, pp. 69-79.

- EDDIE, W.L., LI, H. and YU, L. (2005), “The Analytic Network Process (ANP) Approach to Location Selection: A Shopping Mall Illustration”, *Construction Innovation*, Vol. 5, pp. 83-97.
- GALBRAITH, C., DENOBLE, A.F. and ESTAVILLO, P. (1990), “Location criteria and perceptions of regional business climate: a study of Mexican and US small electronics firms”, *Journal of Business Management*, Vol.28, No:4, pp. 34-47.
- GRAF, M. and MUDAMBI, S.M. (2005), “The outsourcing of IT-enabled business process: a conceptual model of the location decision”, *Journal of International Management*, Vol. 11, pp. 253-268.
- HAKIMI, S.L (1964), “Optimum Locations Of Switching Centers And The Absolute Centers And Medians of A Graph”, *Operations Research*, Vol. 12 No: 3, pp. 450-459.
- JHARKHARIA, S. and SHANKAR, R. (2007), “Selection of logistics service provider: An analytic network process (ANP) approach”, *Omega*, Vol. 35, No: 3, pp. 274 – 289.
- KAHRAMAN, C., RUAN, D. and DOĞAN, I. (2003), “Fuzzy Group Decision-Making For Facility Location Selection”, *Information Sciences*, Vol. 157, pp. 135-153.
- KARAKAYA, F. and CANEL, C. (1998), “Underlying dimensions of business location decisions”, *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 98, No: 7, pp. 321–329.
- KLOSE, A. (1999), “LP-based heuristic for two-stage capacitated facility location problem”, *Journal of the Operational Research Society*, Vol. 50, No: 2, pp. 157–166.
- KODALI, R. and ROUTROY, S. (2006), “Decision Framework for Selection of Facilities Location in Competitive Supply Chain”, *Journal of Advanced Manufacturing Systems*, Vol. 5, No:1, pp. 89-110.
- KÖSE, B.M., ÖZKAN, A., ACAR, P.I. ve BANAR, M. (2005), “Katı Atık Düzenli Depolama Sahası Yer Seçiminde Analitik Serim Sürecinin (ANP)Kullanımı”, *III. Ulusal Katı Atık Kongresi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, 25-27 Mayıs, İzmir.
- KUO, R.J., CHI, S.C. and KAO, S.S. (1999), “A Decision Support System for Locating Convenience Store Through Fuzzy AHP”, *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 37, pp. 323–326.
- MACCARTHY, B.L. and ATTHIRAWONG, W. (2003), “Factors affecting location decisions in international operations – a Delphi study”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 23, No: 7, pp. 794-818.
- MEADE, L. and SARKIS, J. (1999), “Analyzing organizational project alternatives for agile manufacturing processes: an analytical network approach”, *International Journal of Production Research*, Vol. 37 No: 2, pp. 241-261.
- MENDES, A.B. and THEMIDO, I.H. (2004), “Multi-outlet retail site location assessment”, *International Transactions in Operational Research*, Vol. 11, pp.1-18.
- NOBUAKI, S., AKIRA, U., ATSUSHI, D., AKIRA, O., SEIJI, S. and SATOSHI, H. (1998), “Commercial facility location model using multiple regression analysis”, *Computers Environment and Urban Systems*, Vol. 22 No: 3, pp. 219–240.

- OWEN, S.H. and DASKIN, M.S. (1998), "Strategic Facility Location: A Review", *European Journal of Operation Research*, Vol. 111, pp. 423-447.
- PARTOVI, F.Y. (2006), "An analytic model for locating facilities strategically", *Omega*, Vol. 34, pp. 41-55.
- RAVI, V., SHANKAR, R., and TIWARI, M.K. (2005), "Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach", *Computers and Industrial Engineering*, Vol. 48, No: 2, pp. 327-356.
- SAAT, M. (2000), "Çok amaçlı karar vermede bir yaklaşım: Anolitik Hiyerarşi Yöntemi", *G.Ü. İ.İ.B.F. Dergisi*, 2, ss. 149-162.
- SAATY, T.L. (1994), "How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process", *Interfaces*, Vol. 24 No: 6, pp. 19-43.
- SARKIS, J. (1998), "Evaluating environmentally conscious business practices", *European Journal of Operational Research*, Vol. 107, pp. 159-174.
- SMITH, D.F. and RICHARD, F. (1994), "Agglomeration and Industrial Location: An Econometric Analysis of Japanese-Affiliated Manufacturing Establishments in Automotive-Related Industries", *Journal of Urban Economics*, Vol. 36, No: 1, pp. 23-41.
- TUZKAYA, G., ÖNÜT, S., TUZKAYA, U.R. and GÜLSÜN, B. (2007), "An analytic network process approach for locating undesirable facilities: An example from Istanbul, Turkey", *Journal of Environmental Management*, yayınlanacak.
- TZENG, G.H., TENG, M.H., CHEN, J.J. and OPRICOVIC, S., (2002), "Multi-criteria selection for a restaurant location in Taipei", *International Journal of Hospitality Management*, Vol. 21, No:2, pp. 171-187.
- YANG, J. and LEE, H. (1997), "An AHP Decision Model for Facility Location Selection", *Facilities*, Vol. 15, No: 9-10, pp. 241-254.
- ZAHIR, M.S. (1991), "Incorporating the uncertainty of decision judgements in the analytic hierarchy process", *European Journal of Operational Research*, Vol. 53, No: 2, pp. 206-216.

