

MAKALE HAKKINDA

Geliş : Eylül 2012

Kabul: Kasım 2012

KÜÇÜK ÖLÇEKLI İŞLETME İÇİN ANALİTİK AĞ SÜRECİ İLE TİCARİ ARAÇ SEÇİMİ

SELECTION OF COMMERCIAL VEHICLES FOR SMALL BUSINESSES WITH ANALYTIC NETWORK PROCESS

Aşır Özbek^a

ÖZ

Teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte hafif ticari araç sektöründe çok çeşitli marka ve modellerde araç pazarda satışa sunulmaktadır. Satışa sunulan araçlar arasında donanım, fiyat, yakıt tüketimi gibi faktörler açısından büyük farklılıklar görülmektedir. Hafif ticari araç sınıfında **marka ve model yelpazesinin çok geniş olduğu bir ortamda küçük bir işletmenin kendisi için en uygun aracı satın alması** kolay olmamaktadır. İşletme yetkililerinin satışa sunulan araçlar hakkında internet ortamında bilgi edinmesi mümkün olmakla beraber bu süreç zaman almaktadır. Araç satın almak, çok sayıda faktörün dikkate alındığı çok ölçütlü karar verme (ÇÖKV) problemidir. Çok sayıda ölçütün ve çok sayıda marka ve modelin bulunduğu bir ortamda, işletme, kendi yapısına uyan aracı seçmekte zorlanmaktadır.

Bu çalışma ile küçük ölçekli bir işletmenin doğru hafif ticari aracı satın alması için kolayca uygulayabileceği bir karar modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model, ölçütler arasındaki etkileşimleri dikkate alan analitik ağ süreci (AAS) temeline dayanmaktadır. Yöntem, Türkiye pazarında satışa sunulan on bir model içerisinde ön eleme yoluyla dört'e indirilen modeller üzerinde uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çok Ölçütlü Karar Verme (ÇÖKV), Analitik Ağ Süreci (AAS), Hafif Ticari Araç Seçimi

ABSTRACT

With the rapid advancement of technology, a great number of brands and types of vans have been on the market. Among the vehicles offered to consumers, it is observed that there are many different factors with regard to their specifications, price, oil consumption etc. In this sense, the business in search of finding the appropriate vehicle is unable to decide. Even if the related authorities have the chance to search for the right vehicles on the internet, it takes quite a long time for them to reach the vehicle required. To purchase a vehicle is a Multiple Criteria Decision including many factors that need to be considered. Therefore, when giving the right decision, the case turns out to be a hard issue for the company in question.

In this study, a new method, which a small business can easily apply to buy the appropriate van, has been developed. The method is based on the Analytical Network Process that takes the interaction between the criteria into consideration. This method has been applied to four types of vehicles out of eleven ones by the use of preselection method, and the results have been evaluated.

Key words: Multiple Criteria Decision Making (MCDM), Analytic Network Process, selection of van.

^a Öğr. Gör., Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale MYO, asirozbek@hotmail.com

GİRİŞ

Karar verme, çeşitli amaçlar ve bu amaçlara ulaştıracak seçenekler arasından en uygun olanı seçme sürecidir. İşletmelerin ortaya çıkan her yeni durumda çok sık karşılaştığı bir durumdur. İşletmeler, karar alırken sonucu etkileyen ve birbirleriyle çelişen birçok faktörü göz önüne almak durumundadırlar. Küçük işletmelerde kararlar genellikle işletme sahibi tarafından alınır. Bu tür işletmeler kararlarını verirken genellikle sezgiye, geleneklere ve deneyimlere dayanırlar. Ancak doğru kararlar almak için çoğu zaman bu tür teknikler yeterli olmamaktadır. Oysa günümüzde bu sürece birçok uzmanın dâhil edilmesi ve bilimsel tekniklerin kullanılması, kararların çok daha doğru alınmasına neden olur. Bu şekilde alınan kararlar daha etkin, kesin ve kaliteli olmaktadır. Karar verme sürecinde; kararı etkileyen birçok faktör olmasından dolayı, etkin kararlar alabilmek için doğrusal ağırlıklı modeller, istatistiksel, yapay zekâ ve matematiksel programlama temeline dayanan yöntemler günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır (Özbek, 2012).

Bu çalışmada küçük ölçekli bir işletme için bir karar modeli geliştirilmiştir. Analitik ağ süreci (AAS) yönteminin kullanıldığı model, müşteri memnuniyetini kendisine ilke edinmiş, sürekli iyileşmeyi düşünen küçük ölçekli bir işletmenin şehir içi taşıma faaliyetlerinde kullanacağı en uygun hafif ticari aracı seçmeyi hedeflemektedir. İşletme, Kırıkkale merkezli olup eczane ve hastanelere tıbbi malzeme teslimatı yapmaktadır.

Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde literatür incelemesi yapılarak bu kısımda araç seçimi ve satın alınması ile ilgili yapılan ulusal ve uluslararası çalışmalara yer verilmiştir. Üçüncü bölümde AAS tanıtılmış ve bu yöntemle geliştirilen bazı uygulamalara değinilmiştir. Dördüncü bölümde ise dört küme ve sekiz elemandan oluşan faktörler kullanılarak AAS ile hafif ticari araç seçim karar modeli geliştirilmiştir. Son bölümde ise yapılan çalışma değerlendirilmiş ve bu konuda gelecekte çalışacak olanlara öneriler sunulmuştur.

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Byun (2001), orta sınıfa giren yeni model üç otomobil arasından en uygun olanını satın almak için AHS yöntemini temel alan bir uygulama geliştirdi. Arslan (2003), kişilerin otomobil satın alırken fiyat faktörü öncelikli olmak üzere marka, ürün, kalite, bulunabilirlik, servis, aile, referans grupları, kişilik, sosyal sınıf, kültür, roller ve finansal durum faktörlerinin tüketici davranışlarında etkili olduğunu yaptığı çalışmayla ortaya koymuştur. Dönmez (2005), analitik hiyerarşi süreci (AHS) yaklaşımını uygulayarak, en uygun hafif ticari araç seçimi uygulaması gerçekleştirmiştir. Tang ve Beynon (2005), araç kiralama şirketi için, donanım, konfor, güvenlik, imaj ve renk ölçütlerine göre beş farklı firmanın modelleri arasından 1600 motor gücünde en uygun aracın satın alma sürecini bulanık AHS yöntemiyle gerçekleştirdi. Güngör ve İşler (2005), en uygun otomobil seçimi sorununa AHS ile bir çözüm önerisi sunmuştur. Yazarlar önerilen modelde; fiyat, 2. el fiyatı, yakıt tüketimi, 0-100 km hızlanma, konfor, güvenlik, bakım maliyeti, genişlik ve sevgi olmak üzere 9 adet ölçüt belirlemişlerdir. Belirlenen bu ölçütlere göre 8 adet otomobil arasından tüketici için en uygun olan otomobilin seçimini gerçekleştirmişlerdir. Terzi vd. (2006), pazarda önemli bir paya sahip bir otomobil markasının modelleri arasından AHS ve hedef programlama (HP) yöntemlerini birlikte uygulayarak en uygun otomobilin satışını gerçekleştirmek için satıcı ve alıcının sürece dâhil edildiği bir karar destek modeli geliştirdiler. Serkan vd. (2007) bulanık promethee yöntemi kullanarak aynı sınıftaki yedi farklı otomobil arasından fiyat, yakıt, performans ve güvenlik ölçütlerini kullanarak en uygun otomobili seçen bir uygulama geliştirmiştir. Yazarlar uygulamanın sonuçlarının tutarlı ve uygun olduğunu görmüşlerdir. Peters ve Zelewski (2008), analitik ağ süreci (AAS) yöntemi ile 2 adet transporter arasından en uygun olanı seçmede hız, güç, CO₂ salınım, menzil, dönüş çapı, hızlanma, hacim ve azami yük ölçütlerini kullanan bir uygulama geliştirdiler. Bozdemir ve Yılmaz (2009), araç seçimi için kural tabanlı karar verme yapısı içerisinde kullanıcıların

kolayca kullanabileceği bir yazılım geliştirmiştir.

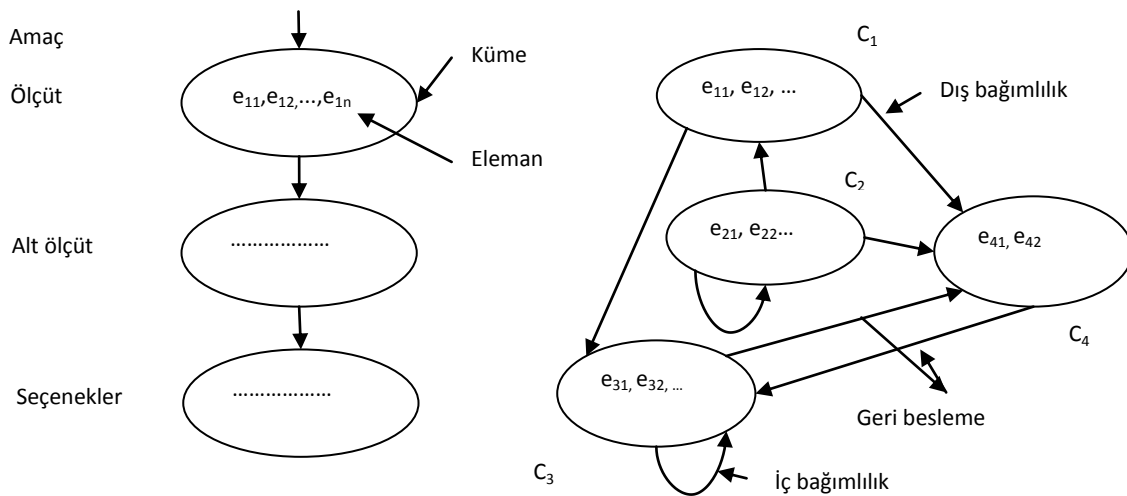
Yavuz (2012), öğretmenler için A segment, B segment, C segment, D segment, MPV segment, LCV segment olmak üzere 6 alternatif arasından en uygun otomobil sınıfını belirlemek için 687 kişiden anket yoluyla veri toplamıştır. Bu yapılan anket çalışmasında; performans, yakıt, güvenlik, ikinci el piyasası, bakım masrafları, vergi ve muayene masrafı, konfor ve rahatlık, iç ve bagaj hacmi olmak üzere 8 ölçüt dikkate alınmıştır. Daha sonra çok ölçütlü bir karar verme yaklaşımı olan AHS kullanılarak öğretmenlerin otomobil tercihinde en etkili otomobil sınıfı belirlenmiştir. Soba (2012), aynı sınıftan altı farklı panelvan otomobil arasından fiyat, yakıt, maksimum hız, güvenlik, beygir gücü ve performans ölçütlerini dikkate alarak PROMETHEE yöntemi ile en uygun panelvan otomobilin seçimini yapmıştır. Yazar, uygulama sonuçlarının tutarlı ve uygun olduğunu görmüştür. Baykasoğlu vd. (2013) kamyon seçiminde bulanık DEMATEL ve yapısal TOPSIS yöntemlerini birlikte kullandılar.

ANALİTİK AĞ SÜRECİ

AAS yöntemi, Saaty (2001) tarafından AHS'nin geliştirilmesi ile geliştirilmiş ve bir dizi çok karmaşık çok ölçütlü karar verme (ÇÖKV) problemlerinin çözümünde başarılı bir şekilde uygulanmıştır. AAS, AHS'de olduğu gibi nicel verilerin yanında nitel verileri de

değerlendirme sürecine dâhil eden bir yöntemdir. AAS'nin diğer geleneksel tekniklerden farkı, analize, sezgiye, düşünceye ve uzman görüşüne de yer veren çok etraflı bir karar verme yöntemi olmasıdır (Kahalekai ve Phillips, 2002). Bu yöntem karar verme sürecinde yer alan faktörler arasındaki etkileşimleri dikkate alan ve problemin yukarıdan aşağıya doğru bir hiyerarşide modellenme zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır.

AAS uygulaması çerçevesinde bir kontrol hiyerarşisi (control hierarchy) modelinin oluşturulup oluşturulamayacağına tespit edilmesi gerekir. Kontrol hiyerarşisi, kontrol ölçütlerinin bir araya gelmesinden meydana gelmektedir. Kontrol hiyerarşisinin mutlaka hiyerarşik bir yapıda olması gerekli değildir. Kontrol hiyerarşisi, üzerinde çalışılan sistemin amacına yönelik üstünlüklerin türetildiği, ölçütler ve alt ölçütlerden oluşan bir hiyerarşidir (Saaty, 1999). Kontrol hiyerarşisi amaç, ölçütler ve alt ölçütlerden oluşan hiyerarşik bir yapı olabileceği gibi ölçütlerin birbirlerine karşılıklı bağımlılık ve geri bildirim ilişkileri içinde olduğu bir karar ağı yapısı şeklinde de olabilir (Şekil 1). Bu yapı sayesinde, doğrudan ilişkilendirilmemiş elemanlar arasında olabilecek dolaylı etkileşimler ve geri bildirimler de dikkate alınmaktadır (Saaty, 1996). Kontrol hiyerarşisindeki ana ölçüt, kümeleri, alt ölçütler de elemanları karşılaştırmada kullanılmaktadır (Peters ve Zelewski, 2008).

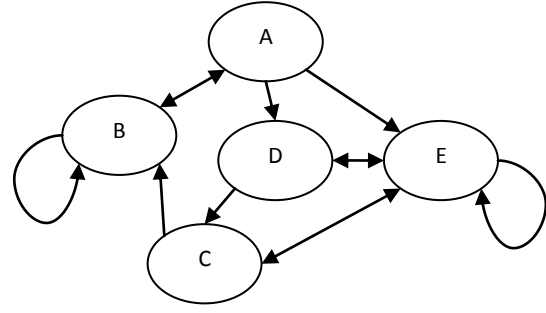


Şekil 1. Hiyerarşi ve Ağ Yapısı (Özbek, 2012)

Bir hiyerarşide üst düzeydeki elemanların daha alt seviyedeki elemanlarla etkileşimleri söz konusudur. Bu durum karşılıklı bağımlılıkların ortaya çıkmasını sağlar. Bu nedenle çözülmesi gereken birçok karar sorunu hiyerarşik yapıda oluşturulamaz. Diğer taraftan bir karar ağı yapısında tüm elemanların diğer kümelerdeki ve buldukları kümelerdeki tüm elemanlarla etkileşim halinde olmaları söz konusu değildir (Saaty, 1994). Yöntem, sadece belirli ana ölçütler altındaki alt ölçütlerin ikili karşılaştırmalarını değil, birbiri ile etkileşimde olan tüm alt ölçütlerin bağımsız olarak karşılaştırılabilmesine imkân sağlar (Saaty, 2001). AAS, karar verirken, konuyla ilişkisi olan bütün ölçütleri ve etkileşimleri sürece dâhil edebilme kabiliyetine sahiptir.

AAS, son yıllarda yaygın olarak sağlık, politik, sosyal, kamu alanlar yanında karar alınması gereken birçok alanda da çok geniş olarak uygulama bulmaktadır ve uygulama alanları da sürekli artmaktadır. AAS'nin AHS'ne göre üstünlüğü, ölçütler ve ölçütlerin oluşturduğu kümeler arasındaki etkileşimleri belirleme olanağı vermesinden kaynaklanmaktadır. Bu etkileşimler küme içi ve küme dışı etkileşimler olarak adlandırılmaktadır. Eğer aynı küme içerisinde yer alan ölçütler arasında etkileşim varsa küme içi etkileşim (iç bağımlılık), farklı kümeler arasında yer alan ölçütler arasında etkileşim var ise kümeler arası etkileşim (dış bağımlılık) söz konusudur (Meade ve Sarkis, 1999).

Şekil 2'de bir ağ yapısı verilmiştir (Saaty, 1999). Bu ağ yapısı beş kümeden oluşmaktadır. Ağ yapısının A kümesi sadece B kümesini etkilemektedir. B kümesi ise A ve C kümelerini etkilerken aynı zamanda kendi içerisindeki elemanlar arasında da etkileşimi söz konusudur. C kümesi D ve E kümelerini etkilerken, D kümesi A ve E kümelerini etkilemektedir. E kümesi ise A, C, D kümelerini etkilerken aynı zamanda kendi içerisindeki elemanlar arasında da etkileşim durumu vardır.



Şekil 2. AAS Ağ Yapısı

Meade ve Sarkis (2002), Jharkharia ve Shankar (2007), Çelebi vd. (2010), Liou ve Chuang (2010), Sun vd. (2010) üçüncü parti lojistik (3PL) firma seçiminde AAS yöntemini başarılı bir şekilde uygulayan modeller geliştirdiler. Balaban ve Baki (2010), katı atık bertaraf sisteminin belirlenmesi için, Cheng vd. (2005), Ustasüleyman ve Perçin (2007) kuruluş yeri seçiminde, Yazgan vd. (2011), aday pilot seçim sürecinde ölçütlerin ağırlıklarını belirlemede, Yüksel ve Dağdeviren (2007) SWOT analizinde, Cheng ve Li (2005) proje seçiminde AAS tekniğini kullandılar. Sarkis ve Talluri (2002), Gencer ve Gürpınar (2007), Lang vd. (2009), Lin vd. (2011) ve tedarikçi seçim, Dağdeviren vd. (2006) tedarikçi değerlendirme probleminde, Ecer ve Dündar (2009) ise cep telefonu seçiminde AAS yöntemini kullandılar. Bobylev (2011) yeraltı inşaat teknolojilerinin çevresel etkilerinin karşılaştırmalı analizinde, Hsu vd. (2012) karbon dioksit jeolojik depolama yer seçiminde, Atmaca ve Başar (2012) enerji santrallerinin değerlendirilmesinde AAS yaklaşımını uyguladılar. Görener (2011), ERP yazılım seçimi için AAS-VIKOR yöntemlerini birlikte kullanarak dört farklı seçenek arasından en iyi seçeneği belirlemiştir. Banar vd. (2010) AAS-ELECTRE III yöntemine dayanan geri dönüşüm sistemi geliştirdiler. Alptekin (2010), AAS kullanarak Türkiye'deki beyaz eşya sektöründe yer alan üç büyük firmanın pazar payları tahmin etmeye çalışmıştır.

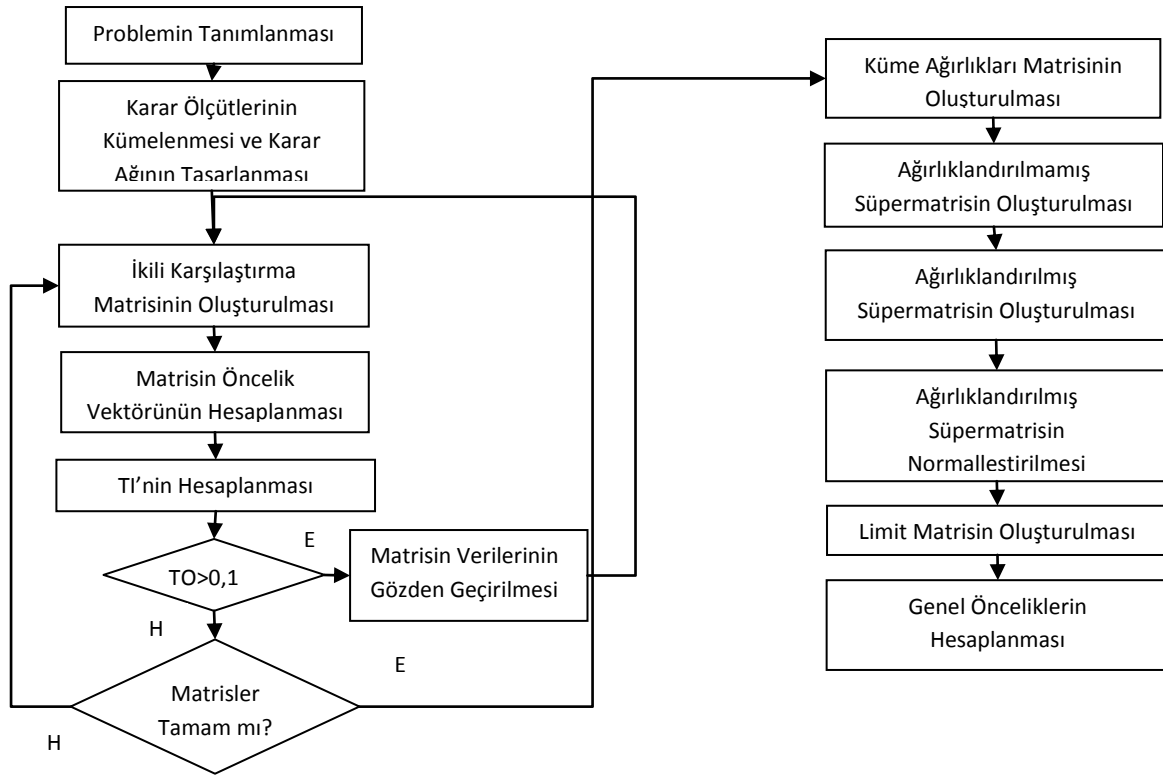
Chen vd. (2012), elektronik endüstrisinde yeşil tedarik zinciri yönetiminde işletme stratejilerinin seçiminde AAS yöntemini uyguladılar. Chang vd. (2011), bulanık AASni kullanarak uzman bilgi tabanlı sistem algoritması ölçüm modeli önerdi. Keramati ve

Salehi (2013), AAS yöntemi ile en çok tercih edilen web sitelerinin başarı faktörlerinin ağırlıklarını araştırdılar. Kumar ve Maiti (2012), bir endüstriyel birim için risk tabanlı bakım politikası model seçim sorununu çözmeye AAS yöntemini kullandılar. Ergu vd. (2011), risk anahtar faktörlerini değerlendirmek ve karar alternatifleri etkileri ve tercihlerini analiz etmek, Liou vd. (2011), havayolu sektöründe stratejik ortak seçmek için AAS yöntemini kullandılar. Lee vd. (2012), en uygun rüzgâr türbinlerini seçmek için yorumsal yapısal modelleme ve bulanık AAS yöntemlerini birlikte kullandıkları bir uygulama geliştirdiler. Vujanovic vd. (2012) araç filosunun bakım yönetim göstergelerini değerlendirilmesinde Decision Making Trial and Evaluation

Laboratory (DEMATEL) ve AAS yöntemlerini birlikte kullandılar.

UYGULAMA

Uygulamanın işlem adımları Şekil 3'de gösterilmiştir. Önceden belirlenen ölçütler, önem derecelerine ve yakınlıklarına göre kümelere ayrıştırılır. Daha sonra küme içindeki ve kümeler arası etkileşimi gösteren karar ağı oluşturulmuştur. Amaca ulaşmak için belirlenen küme ve küme elemanlarının ağırlıkları AAS yöntemi uygulanarak belirlenmiştir. Küme ve küme elemanlarının ağırlıklarını bulmak için yapılan hesaplamalar Microsoft Excel programı kullanılarak, süpermatrisin yakınsaması ise Delphi 7.0 da yazmış olduğum bir program ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. AAS Akış Şeması

Potansiyel Hafif Ticari Araçların Belirlenmesi

Satın alınacak hafif ticari aracın belirlenmesi için bu segmentte araç pazarlayan firmaların web sayfaları incelendikten sonra potansiyel olarak on bir farklı model ve markada araç

tespit edilmiştir. Çizelge 1'de gösterilen araç listesinden işletme yetkililerinin görüşleri doğrultusunda ön eleme sonucu araç sayısı dört âdete düşürülmüştür. Bu araçlar van tipi olmak üzere Renault-Kangoo, Fiat- Fiorino,

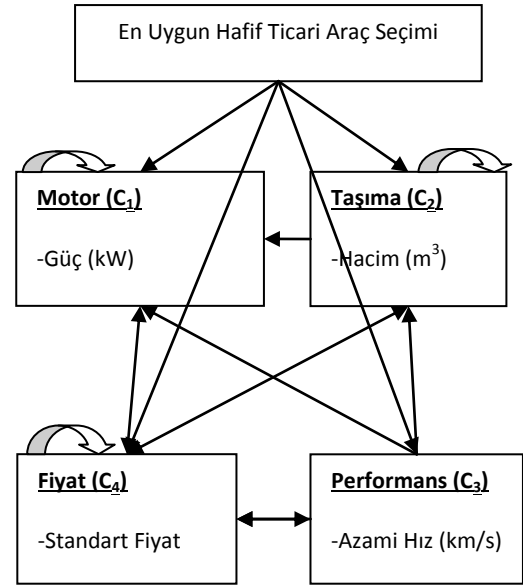
Ford-Connect ve Peugeot-Bipper marka ve modellerinden oluşmaktadır

Çizelge 1. Hafif Ticari Araç Marka ve Modelleri

Marka	Model
Volkswagen	Caddy
Opel	Combo
Citroen	Berlingo
Chery	Taksim
Mercedes	Vito, Viano
Fiat	Fiorino
DFM	Succe
Ford	Transit Connect
Hyundai	H-1
Peugeot	Bipper
Renault	Kangoo

Problemin Tanımlanması ve Karar Ağının Tasarlanması

Küçük bir işletme, öncelikle şehir içi taşıma faaliyetleri için hafif ticari araç satın almak istemektedir. Bu nedenle literatür taraması sonucu ve işletme yetkililerinin görüşleri doğrultusunda uygulanacak kümeler ve ölçütler belirlenmiştir. Küme ve ölçütlerin belirlenmesinden sonra Şekil 4'de gösterilen karar ağ yapısı oluşturulmuştur. Karar ağ, **motor**, **taşıma**, **fiyat** ve **performans** olarak adlandırılan dört kümeden oluşmaktadır. Ayrıca her bir küme birden fazla eleman (ölçüt) içermektedir. Şekil 4'de karar ağının kümeleri, elemanları ve aralarındaki bağımlılıklar gösterilmektedir. Her bir küme en az bir elemandan oluşmaktadır. Bu elemanlar, uygulamada kullanılacak ölçütleri göstermektedir. Kümeler, içerisinde elemanların bulunduğu elips şeklinde ifade edilirler (Saaty, 2001).



Şekil 4. Karar Ağı

Ancak oluşturulan karar ağında, kümeler ilişkileri açıklayıcı şekilde göstermek için dikdörtgen şeklinde gösterilmiştir. Etkiler veya bağımlılıklar yönlendirilmiş ok şeklinde belirtilmiştir. Bir kümeden diğer bir kümeye giden bir okun anlamı şudur: Çıkış kümesinden en az bir eleman gidilen kümede en az bir eleman tarafından etkilenmektedir. Eğer kümeler arasında her iki yöne giden bir ok varsa bu durumda karşılıklı bağımlılığın olduğu anlaşılır. Farklı kümelere ait elemanlar arasındaki bağımlılıklar dış bağımlılık olarak adlandırılır. Bir kümeden çıkıp tekrar aynı kümeye dönen bir ok varsa bu durum adı geçen kümede iç bağımlılık olduğu anlamına gelir (Peters ve Zelewski, 2008).

Çizelge 2. Karar Ağının Kümeleri ve Etkileri

Küme	Küme Sembolü	Eleman	Elemanın Sembolü	Etkilediği İç Küme Elemanı	Etkilediği Dış Küme Elemanı
Motor	C ₁	Güç (kW)	e ₁₁	e ₁₂	e ₂₁ , e ₂₂ , e ₃₁ , e ₃₂ , e ₄₁ , e ₄₂
		CO ₂ Salınım (g/km)	e ₁₂	e ₁₁	
Taşıma	C ₂	Hacim (m ³)	e ₂₁	e ₂₂	e ₃₁ , e ₃₂ , e ₄₁ , e ₄₂
		Azami Yük (kg)	e ₂₂		e ₃₁ , e ₃₂ , e ₄₁ , e ₄₂
Performans	C ₃	Azami Hız (km/h)	e ₃₁		e ₄₁ , e ₄₂
		Hızlanma 0-100 km/s (sn)	e ₃₂		e ₄₁ , e ₄₂
Fiyat	C ₄	Fiyatı	e ₄₁	e ₄₂	e ₁₁ , e ₁₂ , e ₂₁ , e ₂₂ , e ₃₁ , e ₃₂
		Yakıt Tutarı	e ₄₂	e ₄₁	e ₁₁ , e ₁₂ , e ₂₁ , e ₂₂ , e ₃₁ , e ₃₂

Kümeler, Şekil 4 ve Çizelge 2’de gösterildiği gibi **motor, taşıma, performans ve fiyat faktörlerinden** oluşmaktadır. Seçenekler karar ağında gösterilmemektedir. Ölçütlerin ağırlıkları belirlendikten sonra seçeneklerin sıralanması yapılacaktır.

İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması

AAS’de kararları etkileyen ölçütler ikili olarak karşılaştırılarak önem ağırlıkları belirlenir. İkili

karşılaştırma yargısı a_{ij} ile bir üst düzeydeki faktöre göre i ve j ölçütlerinin göreceli önemi belirlenmektedir. Yani a_{ij} değeri, göz önüne alınan faktör bağlamında ölçüt i diğer bir ölçüt j ye göre ne oranda tercih edilmelidir sorusunun cevabıdır. Kümeler birbirleriyle, küme içindeki elemanlar kendi içlerinde ve ilişkili olduğu diğer küme elemanlarıyla ikili olarak karşılaştırılırlar. Her hangi bir elemanla etkileşim içinde olmayan bir elemanın değeri matriste 0 olarak belirtilir. Bu matrislerin oluşturulmasında Saaty (1994) tarafından önerilen Çizelge 3’de gösterilen 1-9 karşılaştırma ölçeği kullanılır.

Çizelge 3. Karşılaştırma Ölçeği

Önemi	Tanım	Açıklama
1	Eşit öneme sahip	Her iki seçenekte eşit değerde öneme sahip
3	Biraz önemli	Bir ölçütü diğerine göre biraz daha önemli sayılmıştır
5	Fazla önemli	Bir ölçütü diğerine göre çok daha önemli sayılmıştır
7	Çok fazla önemli	Ölçüt diğer ölçütü göre kesinlikle çok fazla önemli sayılmıştır
9	Son derece önemli	Bir ölçütün diğerine göre son derece önemli olduğu çeşitli bilgilere dayandırılmıştır.
2, 4, 6, 8	Ara dereceler	Gerektiğinde kullanılacak ara değerler.

İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulurken farklı kişilerin düşüncelerinin sürece dâhil edilmesi söz konusu ise bu durumda veriler, çeşitli yöntemlere göre birleştirilerek matrise aktarılır. Verileri birleştirme yöntemi olarak birçok yazar tarafından matrislerinin tutarlılığını sağlamak için geometrik ortalama yöntemi önerilmiştir (Saaty, 1994; Tam ve Tummala, 2001).

Matrisin a_{ij} elemanı, karar vericinin, i . ölçütün ile j . ölçütün bağlı olduğu bir üst seviyedeki faktöre göre ne kadar önemli olduğu sorusuna verdiği cevabı gösterir. Karşılaştırmalar, ikili karşılaştırma matrisinin tüm değerleri 1 olan köşegeninin üstünde kalan değerler için yapılır. a_{ij} , i . ölçüt ile j . ölçütün ikili karşılaştırma değeri olarak gösterilecek olursa, a_{ji} değeri $1/a_{ij}$ eşitliğinden elde edilir. Çizelge 4 bu gösterim şekline örnek olarak verilmektedir. Bu özelliğe, karşılık olma özelliği denir (Saaty, 1980).

Çizelge 4. AHS'de İkili Karşılaştırma Matrisi (Saaty, 1980)

A	Eleman ₁	Eleman ₂	...	Eleman _n
Eleman ₁	1	a_{12}	...	a_{1n}
Eleman ₂	$a_{21}=1/a_{12}$	1	...	a_{2n}
Eleman ₃	$a_{31}=1/a_{13}$	$a_{32}=1/a_{23}$...	a_{3n}
...	1	...
Eleman _n	$a_{n1}=1/a_{1n}$	$a_{n2}=1/a_{2n}$...	1

Örneğin temel alınan bir faktöre göre birinci eleman üçüncü elemana göre karşılaştırmayı yapan tarafından **biraz önemli** görünüyorsa, bu durumda ikili karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni ($i=1, j=3$), 3 değerini alacaktır. Aksi durumda yani birinci elemanın üçüncü elemanla karşılaştırılmasında, **biraz önemli** tercihi üçüncü elemandan yana kullanılacaksa bu durumda ikili karşılaştırma matrisinin birinci satır üçüncü sütun bileşeni $1/a_{ij}$ formülüne göre $1/3$ değerini alacaktır. Aynı

karşılaştırmada birinci elemanla üçüncü eleman karşılaştırılmasında elemanlar eşit öneme sahip oldukları yönünde tercih kullanılıyorsa bu durumda a_{ij} 1 değerini alacaktır.

İkili Karşılaştırma Matrislerinin Normalleştirilmesi

İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra normalleştirilmeleri gerekir. Bir matrisi normalleştirmek için matristeki 0'dan büyük olan her eleman (1) nolu formüle göre kendi sütun toplamına bölünür.

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_i^n a_{ij}} \quad (1)$$

Normalleştirilmiş matrisin her bir sütun toplamı 1 olur. Daha sonra normalleştirilmiş matrisin (2) nolu formüle göre her bir satır toplamı matrisin boyutuna bölünerek **öncelik vektörü** olarak tanımlanan ağırlığı bulunur.

$$w_i = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n a'_{ij} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

İkili Karşılaştırma Matrislerinin Tutarlılıklarının Belirlenmesi

Karar vericinin ölçütler arasında karşılaştırma yaparken tutarlı davranıp davranmadığını ölçmek için **tutarlılık oranı** (TO) hesaplanmalıdır. Bu orana bakarak sürecin ve oluşturulan bu ikili karşılaştırma matrislerinin uygunluğu hakkında bir kanaate varılır. İkili karşılaştırma sonucunda oluşan bir matrisinin tutarlı olup olmadığını belirleyebilmek için **tutarlılık indeksi** (Tİ - CI: Consistency Index) adı verilen katsayının hesaplanmasıdır. Tİ'yi (3) nolu formüle göre hesaplanabilir (Saaty, 1994).

$$TI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Tİ değerini hesaplayabilmek için ilk önce **özdeğer** olarak nitelendirilen λ_{max} hesaplanmalıdır. Özdeğer (4) nolu formüle göre hesaplanır. İkili karşılaştırma matrisinin tam tutarlı olması durumunda özdeğer adı

geçen matrisin boyutuna eşit olmalıdır (Saaty, 1994).

$$\lambda_{max} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left[\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} \cdot w_j}{w_i} \right] \quad (4)$$

Ayrıca tutarlılığı değerlendirebilmek için **rassal indeks** (Ri) değerinin (Çizelge 5) bilinmesi gerekir. Her bir matris boyutu n için karşılık gelen rassal indeks değeri Çizelge 5’de verilmiştir. Örneğin boyutu 6 olan ikili karşılaştırma matrisi için Ri değeri Tablo 4’de 1,24 olarak gösterilmektedir.

Çizelge 5. 1–15 Boyutundaki Matrisler İçin Ri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ri	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,53	1,56	1,57	1,59

TI ve Ri belirlendikten sonra tutarlılık oranı (TO) aşağıdaki (5) nolu formüle göre hesaplanmalıdır.

$$TO = \frac{TI}{RI} \quad (5)$$

$$Q = \begin{bmatrix} q_{1,1} & \dots & q_{1,j} & \dots & q_{1,B} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{i,1} & \dots & q_{i,j} & \dots & q_{i,B} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ q_{B,1} & \dots & q_{B,j} & \dots & q_{B,B} \end{bmatrix}$$

Şekil 5. Küme Ağırlıkları Matrisi

TO, 0,1’in altında çıkan karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu kabul edilir. Eğer bu oran 0,1’in üzerinde çıkmış ise bu durum matrisin tutarsız olduğu anlamına gelir ve ikili karşılaştırma matrisi yeni değerlerle yeniden düzenlenmesi gerekir. Matrislerin tutarlılık oranı ilgili tablonun altında verilmektedir.

Küme Ağırlıkları Matrisinin Oluşturulması

Kümelerin ağırlıklarını belirleyebilmek için Şekil 5’de gösterilen B öncelik vektöründen oluşan ve B boyutundaki **küme ağırlıkları matrisinin** (Q) oluşturulması gerekir (Peters ve Zelewski, 2008). Küme ağırlıkları matrisini oluşturmak için ilk yapılması gereken kümelerin etkilerinin amaca göre değerlendirilmesi olacaktır. Kümelerin amaca göre kendi aralarındaki etkileri değerlendirilerek **öncelik vektörleri** oluşturulur. Bu oluşan öncelik vektörlerinin bir matriste (Şekil 16) bir araya getirilmesiyle **küme ağırlıkları matrisi** meydana getirilir. Bu nedenle her bir C_b kümesi için bu kümeye etkisi olan diğer kümelerin etkisinin önemi belirlenmelidir.

C_1 Kümesinin ağırlığını belirlemek

C_1 kümesinin ağırlığını belirleyebilmek için, bu küme ile etkileşimde olan kümeler arasında ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur. C_1 kümesi, sadece C_4 kümesi ve kendi içindeki elemanlar arasında etkileşim olduğundan dolayı ikili karşılaştırma matrisine sadece bu iki küme dâhil edilir. Çizelge 6’da C_1 kümesi ile etkileşimde bulunan kümeler arasında oluşturulan matris gösterilmektedir. Matris oluşturulurken şu şekilde hareket edilmektedir: “En uygun hafif ticari aracı belirlemek için C_1 (motor) ile C_4 (fiyat) karşılaştırıldığında hangisi daha önemlidir?”. Bu soruya C_4 (fiyat) fazladan biraz az önemli cevabını verince $a_{1,2}$ elemanın alacağı değer 1/4, $a_{2,1}$ elemanın değeri ise 4 olur. C_1 kümesinin ağırlığı Şekil 6’da **küme ağırlıkları matrisinde** C_1 sütununa yerleştirilir.

Çizelge 6. C₁ Kümesi Ağırlığı

	C ₁ (Motor)	C ₄ (Fiyat)	ÖV
C ₁	1,000	0,250	0,200
C ₄	4,000	1,000	0,800

C₂ Kümesinin ağırlığını belirlemek

Kümelerin amaç dikkate alınarak C₂ kümesine olan göreceli etkilerini belirlemek için iç bağımlılığı olan C₂ kümesinin yanı sıra etkileşimde bulunduğu C₁ ve C₄ kümeleri de ikili karşılaştırma matrisinin (Çizelge 7) oluşumuna katılır.

Çizelge 7. C₂ Kümesi Ağırlığı

	C ₁	C ₂	C ₄	ÖV
C ₁	1,000	0,143	0,143	0,066
C ₂	7,000	1,000	0,500	0,363
C ₄	7,000	2,000	1,000	0,571

$$TO=0,045 < 0,1$$

C₃ Kümesinin ağırlığını belirlemek

C₃ kümesi, C₁, C₂ ve C₄ kümelerinden etkilenmektedir. Bu nedenle amaç dikkate alınarak bu kümelerin C₃ kümesine olan göreceli etkilerini belirlemek için bu 3 küme arasında ikili karşılaştırma matrisi (Çizelge 8) oluşturulur.

Çizelge 8. C₃ Kümesi Ağırlığı

	C ₁	C ₂	C ₄	ÖV
C ₁	1,000	0,200	0,250	0,102
C ₂	5,000	1,000	0,500	0,366
C ₄	4,000	2,000	1,000	0,532

$$TO=0,081 < 0,1$$

C₄ Kümesinin ağırlığını belirlemek

Son olarak C₁, C₂ ve C₃ kümelerinin amaç dikkate alınarak C₄ kümesine olan göreceli etkilerini belirlemek için bu 3 küme arasında ikili karşılaştırma matrisi (Çizelge 9) oluşturulur. C₄ kümesi iç bağımlılığından dolayı ikili karşılaştırma matrisine dâhil edilir.

Çizelge 9. C₄ Kümesi Ağırlığı

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	ÖV
C ₁	1,000	0,200	0,250	0,200	0,065
C ₂	5,000	1,000	1,000	0,333	0,241
C ₃	4,000	1,000	1,000	1,000	0,291
C ₄	5,000	3,000	1,000	1,000	0,403

$$TO=0,060 < 0,1$$

Kümeler arası ikili karşılaştırma matrislerinin **öncelik vektörleri, küme ağırlıkları matrisine (Q)** yerleştirilir. C₁ kümesi C₂ ve C₃ kümeleri ile etkileşime girmediğinden dolayı Q matrisinde $q_{2,1}$ ve $q_{3,1}$ elemanlarının değeri 0 olarak belirlenir. Aynı şekilde C₂ kümesi, C₃ kümesinden de etkilenmediğinden $q_{3,2}$, C₃ kümesinin de iç bağımlılığı olmadığından $q_{3,3}$ elemanlarının değeri 0 olarak belirlenir. Herhangi bir küme başka bir kümeye bağımlı değilse bu durumda Q matrisinin ilgili elemanının değeri 0 olarak belirlenir. Tüm iç ve dış bağımlılıklar dikkate alındıktan sonra yapılan hesaplamalar sonucunda Şekil 6'da gösterilen **küme ağırlıkları matrisi (Q)** elde edilir.

$$Q = \begin{bmatrix} 0,200 & 0,066 & 0,102 & 0,065 \\ 0,000 & 0,363 & 0,366 & 0,241 \\ 0,000 & 0,000 & 0,000 & 0,291 \\ 0,800 & 0,571 & 0,532 & 0,403 \end{bmatrix}$$

Şekil 6. Küme Ağırlıkları Matrisi

Ağırlıklandırılmamış Süper Matrisin Oluşturulması

AAS'de, karar ağını oluşturan kümeler ve elemanlar arasındaki her türlü etkileşim **ağırlıklandırılmamış süpermatris** adı verilen bir matriste gösterilir. Bu matris **küme ağırlıkları matrisinde** olduğu gibi **öncelik vektörlerinden** oluşturulmaktadır (Saaty,2001). Bir kümedeki elemanların herhangi biri, başka bir kümenin elemanlarını etkilemiyorsa bu durum ağırlıklandırılmamış

süpermatrisin ilgili yerine sıfır değeri yazılarak gösterilir. Süpermatriste karar ağındaki bütün kümeler yatayda ve dikeyde sırayla dizilmiş bulunmaktadır. Şekil 6'da gösterilen **W** adındaki matris bu tür bir süpermatrise örnek olarak verilmiştir (Peters ve Zelewski, 2008).

$$W = \begin{matrix} & & C_1 & & C_2 & & \dots & & C_B \\ & & d_{1,1} & \dots & d_{1,s_1} & d_{2,1} & \dots & d_{2,s_2} & \dots & d_{B,1} & \dots & d_{B,s_B} \\ C_1 & & d_{1,1} & \dots & d_{1,s_1} & & & & & & & \\ & & \dots & & & & & & & & & \\ C_2 & & d_{2,1} & \dots & d_{2,s_2} & & & & & & & \\ & & \dots & & & & & & & & & \\ \dots & & \dots & & & & & & & & & \\ C_B & & d_{B,1} & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \\ & & d_{B,s_B} & & & & & & & & & \end{matrix} \begin{pmatrix} W_{1,1} & W_{1,2} & \dots & W_{1,B} \\ W_{2,1} & W_{2,2} & \dots & W_{2,B} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_{B,1} & W_{B,2} & \dots & W_{B,B} \end{pmatrix}$$

Şekil 7. Ağırlıklandırılmamış Süpermatris.

Ağırlıklandırılmamış süpermatrisin (W) her bir bloğu **öncelik vektörlerinden** oluşturulur. Ağırlıklandırılmamış süpermatrisin her bir W_{ij} bloğu ise Şekil 8'de gösterilen formdaki bir matris yapısındadır (Peters ve Zelewski, 2008).

$$W_{i,j} = \begin{bmatrix} W_{i_1j_1} & W_{i_1j_2} & \dots & W_{i_1j_sj} \\ W_{i_2j_1} & W_{i_2j_2} & \dots & W_{i_2j_sj} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_{i_sj_1} & W_{i_sj_2} & \dots & W_{i_sj_sj} \end{bmatrix}$$

Şekil 8. Ağırlıklandırılmamış Süpermatris Bloğu

W_{ij} bloğundaki her bir **öncelik vektörü** (sütun vektörü), karar ağındaki i. kümenin (C_i), j. kümede (C_j) yer alan bir elemana etkisinin ne kadar kuvvetli olduğuna dair bilgi içermektedir. İç bağımlılıkla ilgili bilgi,

ağırlıklandırılmamış süpermatris W'nin diagonal bloklarında tutulmaktadır. Buna karşılık matrisin diagonal bloklarının dışındaki bloklarda ise dış bağımlılıkla ilgili veriler bulunmaktadır. Ağırlıklandırılmamış süpermatristeki öncelik vektörleri Şekil 8'deki ikili karşılaştırma matrislerinden oluşturulabilir. Eğer C_i ve C_j kümeleri arasında bağımlılık söz konusu değilse ağırlıklandırılmamış matris W'nin ilgili bloğunda ki W_{ij} bir sıfır matris (tüm elemanları 0 değeri içeren matris) olarak tanımlanır.

Küme ağırlıkları matrisi (Q) oluşturulduktan sonra sıra süpermatrisin oluşturulmasına gelir. Süpermatris, küme sayısının ($n=4$) karesi olan $n^2 = 4^2 = 16$ bloktan oluşmaktadır.

C_1 kümesi içerisinde iç bağımlılıktan dolayı $e_{1,1}$ elemanı $e_{1,2}$, $e_{1,2}$ elemanını ise $e_{1,1}$ etkilediğinden dolayı $W_{1,1}$ bloğunun $W_{1,2,1}$,

$w_{1_1 1_2}$ elemanlarının değeri 1, $w_{1_1 1_1}$, $w_{1_2 1_2}$ elemanlarının değeri ise 0 olur. $W_{1,1}$ bloğunun değerleri şu şekilde gösterilir:

$$W_{1,1} = \begin{pmatrix} 0,000 & 1,000 \\ 1,000 & 0,000 \end{pmatrix}$$

C_1 kümesinden sadece $e_{1,1}$ elemanı, C_2 kümesinde $e_{2,1}$ ve $e_{2,2}$, C_3 kümesinde $e_{3,1}$ ve $e_{3,2}$, C_3 kümesinde $e_{3,1}$ ve $e_{3,2}$ elemanlarını etkilediğinden $W_{1,2}$ bloğunun $w_{1_1 2_1}$, $w_{1_1 2_2}$, $W_{1,3}$ bloğunun $w_{1_1 3_1}$, $w_{1_1 3_2}$ ve $W_{1,4}$ bloğunun $w_{1_1 4_1}$, $w_{1_1 4_2}$ elemanlarının değeri 1, belirtilen blokların diğer elemanlarının değeri ise 0 olur. C_2 kümesi C_1 kümesini etkilemediğinden dolayı $W_{2,1}$ bloğu 0 matris olur. Aynı şekilde C_3 kümesi C_1 , C_2 ve C_3 kümelerine etkisi olmadığından $W_{3,1}$, $W_{3,2}$ ve $W_{3,3}$ blokları 0 matris olur. C_1 kümesi elemanlarının diğer kümelerdeki etkilenen elemanlara göre ağırlıklarının nasıl hesaplandığı yukarıdaki açıklandı. Burada önemli olan şudur; Bir küme içindeki bir eleman, bir başka kümedeki elemanlardan sadece bir eleman tarafından etkilenirse ilgili bloğun ilgili elemanın değeri 1

olur. Ancak bir kümenin bir elemanı, başka bir kümenin birden çok elemanı tarafından etkilendiği durumlarda ne yapmak gerekir? Bu durumda etkileyen elemanlardan oluşan ikili karşılaştırma matrisi ile ağırlıklar bulunur. Örneğin C_3 kümesinin $e_{3,1}$ elemanını, C_2 kümesinden $e_{2,1}$ ve $e_{2,2}$ etkilediğinden dolayı öncelik vektörünü belirlemek için ikili karşılaştırma matrisi (Çizelge 10) oluşturulur.

Çizelge 10. $e_{2,1}$ ve $e_{2,2}$ Elemanlarının $e_{3,1}$ Elemanına Olan Göreceli Etkisi

	$e_{2,1}$	$e_{2,2}$	ÖV
$e_{2,1}$	1,000	0,200	0,167
$e_{2,2}$	5,000	1,000	0,833

Karar ağının diğer kümelerindeki etkilenen elemanları için de yukarıdaki hesaplamalara benzer şekilde öncelik vektörleri hesaplanarak, süpermatris de yerlerine yerleştirilir. Bu şekilde oluşturulan matris **ağırlıklandırılmamış süpermatris** (Çizelge 11) olarak adlandırılır

Çizelge 11. Ağırlıklandırılmamış Süpermatris

	C_1	C_2	C_3	C_4					
	$e_{1,1}$	$e_{1,2}$	$e_{2,1}$	$e_{2,2}$	$e_{3,1}$	$e_{3,2}$	$e_{4,1}$	$e_{4,2}$	
C_1	$e_{1,1}$	0,000 1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	
	$e_{1,2}$	1,000 0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
C_2	$e_{2,1}$	0,000	0,000	0,000	1,000	0,167	0,125	0,250	0,167
	$e_{2,2}$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,833	0,875	0,750	0,833
C_3	$e_{3,1}$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,750	0,833
	$e_{3,2}$	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,250	0,167
C_4	$e_{4,1}$	0,750	0,500	0,833	0,750	0,750	0,833	0,000	1,000
	$e_{4,2}$	0,250	0,500	0,167	0,250	0,250	0,167	1,000	0,000

$W_{1,1}$ Bloğu

$W_{2,3}$ Bloğu

Ağırlıklandırılmış Süpermatrisin Oluşturulması

Karar ağının hiyerarşik bir yapıdan farklı olduğu durumlarda **ağırlıklandırılmış süpermatris (U)** hesaplanmalıdır. Çünkü hiyerarşik bir yapıda ağırlıklandırılmamış matris ile ağırlıklandırılmış matris birbirlerine

eşittir ($U=W$) (Saaty, 2003). Ağırlıklandırılmamış süpermatris W 'nin her bir bloğu W_{ij} , **küme ağırlıkları matrisinin (Q)** bağdaşan q_{ij} elemanı ile çarpılarak **ağırlıklandırılmış süpermatris (U)** elde edilir (Niemira ve Saaty, 2004).

$$W_{i,j} * q_{i,j} \quad i = 1, \dots, B; \quad j := 1, \dots, B \quad (6)$$

Örneğin süpermatrisin $W_{1,1}$ bloğunu ağırlıklandırmak için bu bloğun elemanları Q

matrisinde bu bloğa karşılık gelen $q_{1,1}$ elemanı ile çarpılır.

$$W_{1,1} * q_{1,1} = \begin{bmatrix} 0,000 & 1,000 \\ 1,000 & 0,000 \end{bmatrix} * 0,200 = \begin{bmatrix} 0,000 & 0,200 \\ 0,200 & 0,000 \end{bmatrix}$$

B^2 adet çarpımdan ağırlıklandırılmış fakat normalleştirilmemiş (U^{un}) matrisi elde edilir. Şekil 9'da bu tür bir matrisin oluşumu verilmiştir (Peters ve Zelewski, 2008)

$$U^{un} = \begin{bmatrix} W_{1,1} * q_{1,1} & W_{1,2} * q_{1,2} & \dots & W_{1,B} * q_{1,B} \\ W_{2,1} * q_{2,1} & W_{2,2} * q_{2,2} & \dots & W_{2,B} * q_{2,B} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ W_{B,1} * q_{B,1} & W_{B,2} * q_{B,2} & \dots & W_{B,B} * q_{B,B} \end{bmatrix}$$

Şekil 9. Ağırlıklandırılmış Süpermatrisin Oluşumu

Bu yeni oluşan **ağırlıklandırılmış süpermatrisin (U^{un})** stokastik olması sağlanmalıdır. Yani matrisin elemanları negatif değer içermemeli ve sütun toplamları 1 olmalıdır. Bu şartı sağlamak için matrisin normalleştirilmesi gerekmektedir.

Çizelge 12. Ağırlıklandırılmış Süpermatris (U^{un})

		C1	C2	C3	C4				
		e11	e12	e21	e22	e31	e32	e41	e42
C1	e11	0,000	0,200	0,066	0,000	0,102	0,102	0,065	0,065
	e12	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C2	e21	0,000	0,000	0,000	0,363	0,061	0,046	0,060	0,040
	e22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,305	0,320	0,181	0,201
C3	e31	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,218	0,242
	e32	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,073	0,049
C4	e41	0,600	0,400	0,476	0,428	0,443	0,000	0,000	0,403
	e42	0,200	0,400	0,095	0,143	0,089	0,532	0,403	0,000

Ağırlıklandırılmış süpermatrisin her bir elemanı bulunduğu sütunun toplamına bölünerek **normalleştirilmiş ağırlıklı**

süpermatris (U) (Çizelge 13) elde edilir. Değeri 0 olan elemanlar sütun toplamına bölünmezler!

Çizelge 13. Normalleştirilmiş Ağırlıklı Süpermatris (U)

		C1	C2	C3	C4				
		e11	e12	e21	e22	e31	e32	e41	e42
C1	e11	0,000	0,200	0,104	0,000	0,102	0,102	0,065	0,065
	e12	0,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
C2	e21	0,000	0,000	0,000	0,389	0,061	0,046	0,060	0,040
	e22	0,000	0,000	0,000	0,000	0,305	0,320	0,181	0,201
C3	e31	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,218	0,242
	e32	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,073	0,049
C4	e41	0,600	0,400	0,747	0,458	0,443	0,000	0,000	0,403
	e42	0,200	0,400	0,108	0,192	0,014	0,083	0,315	0,000

Limit Süpermatrisin Oluşturulması

Ağırlıklandırılmış süpermatriste (U) elemanlar arasındaki dolaylı etkiler yerine sadece direkt etkiler dikkate alınmıştır. Bu nedenle süpermatrisin büyük dereceden kuvvetinin alınması gerekmektedir. Kuvvet alma işlemi, aynı satıra karşılık gelen sütun değerleri

birbirine eşit olana kadar, yani matrisin satırları durağanlaşmaya kadar yapılır. Elde edilen yeni matris, limit süpermatris olarak adlandırılır (Saaty, 2001). Elemanların (ölçütlerin) limit süpermatris ile öncelikleri belirlenmiş olur. Karar sürecini etkileyen en önemli faktör limit süpermatriste en yüksek

önceliğe sahip olan elemandır. **Limit süpermatrisi** bulmak için normalleştirilmiş ağırlıklı süpermatrisin n. kuvveti alınır. Çizelge

14'de 12. kuvveti alınan **limit süpermatris** görülmektedir. Bu sonuçlar bize ölçütlerin ağırlıklarını vermektedir.

Çizelge 14. Limit Süpermatris U¹²

		C1		C2		C3		C4	
		e11	e12	e21	e22	e31	e32	e41	e42
C1	e11	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062	0,062
	e12	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012	0,012
C2	e21	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094	0,094
	e22	0,148	0,148	0,148	0,148	0,148	0,148	0,148	0,148
C3	e31	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121	0,121
	e32	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034
C4	e41	0,319	0,319	0,319	0,319	0,319	0,319	0,319	0,319
	e42	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211	0,211

En Uygun Seçeneğin Belirlenmesi

Karar ağı oluşumunda seçenekler devre dışı bırakılmış ve ölçütler sadece elemanlardan oluşturulmuş ise, bu durumda hesaplanan genel öncelikler ölçütlerin öncelikleri olmaktadır. Karar ağı dışında tutulan seçenekler, üretilen ölçütlerin önceliklerine göre değerlendirilmelidir. Bu seçeneğin uygulanabilmesi için seçeneklerin birbirlerini etkilememesi gerekmektedir. Eğer seçenekler karar ağı içinde değerlendirmeye alınmış ise bu durumda seçenekler tüm elemanlara göre değerlendirilmeli ve her bir seçenek için toplam öncelikler hesaplanmalıdır (Peters ve Zelewski, 2008).

Seçeneklerin ölçüt değerleri Çizelge 15'de gösterilmiştir. Ölçütlerin tamamı nicel özellik arz etmektedir. Bu nedenle direkt değerlendirme yapmak mümkündür.

Ölçüt değerlerinin önceliği hesaplanırken, ölçüt için yüksek olan değer mi yoksa düşük olan değer mi önemlidir sorusunu sormak gerekir. Örneğin güç ölçütünün yüksek olması avantajlıdır. Ancak CO₂ salınımı için ise düşük değer avantajlıdır. Bu nedenle ölçüt değerlerinin önceliğini hesaplarırken buna dikkat etmek gerekir. Örneğin Fiat-Fiorino için güç ölçütünü hesaplarırken şu şekilde hareket edilmiştir:

$$\text{Ölçüt Değerinin Önceliği}_{\text{güç}} = \frac{75}{75 + 70 + 70 + 75} = 0,259$$

Küçük değerlerin avantajlı olduğu durumlarda ise hesaplama aşağıdaki gibi yapılmalıdır. Örneğin hızlanma ölçütünün küçük olması istenen bir

durumdur. Bu nedenle ölçüt değerinin önceliğinin hesaplanması farklı olmaktadır. Fiat-Fiorino için hızlanma ölçütünün önceliği aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Ölçüt Değerinin Önceliği}_{\text{Hızlanma}} = \frac{\frac{1}{13,4}}{\frac{1}{13,4} + \frac{1}{16,3} + \frac{1}{14,5} + \frac{1}{18,5}} = 0,288$$

Çizelge 15. Hafif Ticari Araçlarının Öncelikleri

Ölçütler	Fiat-Fiorino ¹		Renault-Kango ²		Peugeot-Bipper ³		Ford-Connect ⁴	
	Ölçüt Değeri	Ölçüt Değerinin Önceliği	Ölçüt Değeri	Ölçüt Değerinin Önceliği	Ölçüt Değeri	Ölçüt Değerinin Önceliği	Ölçüt Değeri	Ölçüt Değerinin Önceliği
Güç (kW)	75	0,259	70	0,241	70	0,241	75	0,259
CO ₂ Salınım (g/km)	119	0,278	140	0,236	119	0,278	159	0,208
Hacim (m ³)	2,8	0,238	2,75	0,234	2,8	0,238	3,4	0,289
Azami Yük (kg)	620	0,226	679	0,248	590	0,215	849	0,310
Azami Hız (km/h)	155	0,257	148	0,245	152	0,252	148	0,245
Hızlanma 0-100 km/s (sn)	13,4	0,288	16,3	0,237	14,5	0,266	18,5	0,209
Fiyatı	21380	0,296	25800	0,245	26940	0,235	28115	0,225
Yakıt Tutarı	4,5	0,283	5,5	0,232	4,5	0,283	6,3	0,202

(1: <http://www.fiat.com.tr/modeller/sayfalar/FiorinoCargo.aspx>

<http://www.thegreencarwebsite.co.uk/green-cars/ fiat/fiorino/>

2: <http://www.renault.com.tr/araba/ticari/kango-express-classic/ozellikler>

3: <http://www.peugeot.com.tr/media/deliacms/media//41/4126-68f300.pdf>

4: <http://www.ford.com.tr/SBE/e-brosur-indirin/ticari-araclar/p=1205006649302>

http://www.buyacar.co.uk/ford_transit_connect_220_swb_diesel/car_low_roof_van_tdc_i_90ps_23655.jhtml)

Sıralamanın Hesaplanması

Ticari araçların öncelikleri ile ölçütlerin öncelikleri çarpılarak ağırlıklandırılmış öncelikler bulunur (Çizelge 16). Daha sonra her bir ticari araca ait ağırlıklandırılmış öncelik

değerleri toplanır. Bu toplamlar büyükten küçüğe doğru sıralanarak en uygun ticari araç seçilmiş olur.

Fiat-Fiorino güç faktörü için hesaplamalar şu şekilde yapılmaktadır:

$$Fiat - Fiorino için ağırlıklandırılmış öncelik_{Güç} = 0,062 * 0,259 = 0,016$$

Çizelge 16. Hafif Ticari Araçlarının Ağırlıklandırılmış Öncelikleri

Ölçütler	Ölçütlerin Önem Derecesi	Öncelikler				Ağırlıklandırılmış Öncelikler			
		Fiat	Renault	Peugeot	Ford	Fiat	Renault	Peugeot	Ford
Güç (kW)	0,062	0,259	0,241	0,241	0,259	0,016	0,015	0,015	0,016
CO ₂ Salınım (g/km)	0,012	0,278	0,236	0,278	0,208	0,003	0,003	0,003	0,002
Hacim (m3)	0,094	0,238	0,234	0,238	0,289	0,022	0,022	0,022	0,027
Azami Yük (kg)	0,148	0,226	0,248	0,215	0,310	0,033	0,037	0,032	0,046
Azami Hız (km/h)	0,121	0,257	0,245	0,252	0,245	0,031	0,030	0,030	0,030
Hızlanma 0-100 km/s (sn)	0,034	0,288	0,237	0,266	0,209	0,010	0,008	0,009	0,007
Fiyatı	0,319	0,296	0,245	0,235	0,225	0,094	0,078	0,075	0,072
Yakıt Tutarı	0,211	0,283	0,232	0,283	0,202	0,060	0,049	0,060	0,043
Toplam Öncelik						0,270	0,241	0,247	0,243

Çizelge 16'da gösterilen her bir aracın ağırlıklandırılmış öncelikleri toplandığı zaman Çizelge 17'de listelenen sıralama elde edilir.

Çizelge 17. Hafif Ticari Araçların Sıralanması

Marka-Model	Sıra	%
Fiat-Fiorino	1	27,0
Peugeot-Bipper	2	24,7
Ford-Connect	3	24,3
Renault-Kango	4	24,1

Çizelge 17'de listelenen verilere göre Fiat-Fiorino % 27 ile birinci sıraya, Peugeot-Bipper % 24,7 ile ikinci sıraya, Ford-Connect % 24,3 ile üçüncü sırayı ve Renault-Kango de % 24,1 ile

dördüncü sıraya yerleşmektedir. Bu süreç sonunda işletme için en uygun ticari aracın Fiat-Fiorino olduğu görülmektedir. Diğer araçların sıralaması hemen hemen eşit çıkmaktadır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Birçok marka ve modelin olduğu, modeller arasında teknik ve donanım özelliklerinin farklılık gösterdiği hafif ticari araç pazarında en uygun ticari aracı belirlemek küçük işletmeler için ciddi bir problem oluşturmaktadır. Küçük işletmeler için hafif ticari araç seçmek bir ÇÖKV problemidir.

Bu çalışma ile küçük işletmeler için doğru ticari aracı seçmede AAS yaklaşımıyla bir çözüm önerisi sunulmuştur. Seçim ölçütleri arasında bağımlılık olması nedeniyle özellikle AAS tekniği kullanılmıştır.

Model, küçük bir işletmede uygulanmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonuçların tutarlı, makul ve uygulanabilir olduğu görülmüştür.

Uygulama sonucunda oluşan sıralamada anlaşılmaktadır ki araçların sıralaması birbirlerine çok yakın çıkmıştır. Diğer seçeneklere göre çok az farkla da olsa birinci sıraya yerleşen Fiat-Fiorino (% 27) yetkililerce tercih edilebilir bulunmuştur. Ancak Fiat-Fiorino çok küçük farkla öne çıkmasına rağmen diğer modellerin hepsinin de işletmeye uyabileceği sonucuna varılmıştır.

Bu konuda yapılacak ilerideki çalışmalarda model, küme teorisiyle birlikte ele alınabilir ve seçim sürecindeki belirsizliklerin ortadan kaldırılması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

Alptekin, N, (2010), Analitik ağ süreci yaklaşımı ile Türkiye' de beyaz eşya sektörünün pazar payı tahmini, Doğu Üniversitesi Dergisi, 11(1):18-27.

Arslan, K., (2003), Otomobil Alımında Tüketici Davranışlarını Etkileyen Faktörler, İstanbul Ticaret Üniversitesi Dergisi, 2(3):83-103.

Atmaca, E., Başar, H. B., (2012), Evaluation of power plants in Turkey using Analytic Network Process (ANP), Energy, 44(1):555-563.

Balaban, Y., Baki, B., (2010), Analitik ağ süreci yaklaşımıyla en uygun katı atık bertaraf sisteminin belirlenmesi: Trabzon ili örneği, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 24(3):183-193.

Ballı, S., Karasulu, B. ve Korukoğlu, S., (2007), En Uygun Otomobil Seçimi Problemi İçin Bir Bulanık Promethee Yöntemi Uygulaması, D.E.Ü. İ.İ.B.F. Dergisi, 22(1):139-147.

Banar, M., Özkan, A., Kulaç, A., (2010), Choosing a recycling system using ANP and ELECTRE III techniques, Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences, 34(3):145-154.

Baykasoğlu, A., Kaplanoğlu, V., Durmuşoğlu, Z. D.U., Şahin, C., (2013), Integrating fuzzy DEMATEL and fuzzy hierarchical TOPSIS methods for truck selection, Expert Systems with Applications, 40(3):899-907.

Bobylev, N., (2011), Comparative analysis of environmental impacts of selected underground construction technologies using the analytic network process, Automation in Construction, 20(8):1030-040.

Bozdemir, M., Yılmaz T. I., (2009), Kural Tabanlı Karar Verme Mekanizmasına Sahip Sistemik Araç Seçim Modeli Geliştirilmesi Üzerine Bir Alan Araştırması, Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 6(2):19-27.

Byun Dae-Ho, (2001), The AHP Approach For Selecting An Automobile Purchase Model, Information & Management, 38.

Chang, Che-Wei, Horng, Der-Juinn, Lin, Hung-Lung, (2011), A measurement model for experts knowledge-based systems algorithm using fuzzy analytic network process, Expert Systems with Applications, 38(10):12009-12017.

Chen, C.-C., Shih, H.-S., Shyur, H.J., Wuc, K.-S., (2012), A business strategy selection of green supply chain management via an analytic network process, Computers and Mathematics with Applications 64:2544–2557.

Cheng, E. W. L., Li, H., Yu, L. (2005), The analytic network process (ANP) approach to location selection, Construction Innovation, 5:83-97.

Cheng, Eddie. W. L. ve Li, H., (2005), Analytic Network Process Applied to Project Selection,

Journal of Construction Engineering and Management, 131:459-466.

Çelebi, D., Bayraktar, D., Bingöl L., (2010), Analytical Network Process for logistics management: A case study in a small electronic appliances manufacturer , Computers & Industrial Engineering, 58:432–441.

Dağdeviren, M., Dönmez, N., Kurt, M., (2006), Bir işletmede tedarikçi değerlendirme süreci için yeni bir model tasarımı ve uygulaması, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 21(2):247-255.

Dönmez, M. A., (2005), Hafif Ticari Araç Seçiminde Analitik Hiyerarşi Proses (AHP) Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, ss:158.

Ecer, F., DüNDAR, S., (2009), Analitik ağ süreci yöntemiyle cep telefonu seçimi, Dokuz Eylül Üniv. İşletme Fak. Der., 10(2):153-168.

Ergu, D., Kou, G., Shi, Y., Shi, Y., (2011), Analytic network process in risk assessment and decision analysis, Computers & Operations Research, In Press, Corrected Proof, Available online 29 March 2011.

Gencer, C., Gürpınar, D., (2007), Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm, Applied Mathematical Modelling, 31(11):2475-2486.

Görener, A., (2011), Bütünleşik ANP-VIKOR yaklaşımı ile ERP yazılımı seçimi, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, 5(1):97-110.

Güngör, İ., İşler D. B., (2005), Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı İle Otomobil Seçimi, ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi, 1(2):21-33.

Hsu, H. W., Chen, L. T., Hu, A. H., Chang Y. M., (2012), Site selection for carbon dioxide

geological storage using analytic network process, Separation and Purification Technology, 94:146-153.

Jharkharia, S. ve Shankar, R., (2007), Selection of logistics service provider: An analytic network Process (ANP) approach”, International Journal of Management Science, 35:274 – 289.

Kahalekai, L., Phillips, P., (2002), Using ANP Methodology For The Analysis, Evaluation And Recommendation Of Courses Of Action Based On Economic, Political, Sociological, Cultural, And Psychological Factors Critical To Operations Other Than War, Huntsville Simulation Conference, Huntsville, Alabama, 9-10 Ekim, 2002.

Keramati, A., Salehi, M., (2013), Website success comparison in the context of e-recruitment: An analytic network process (ANP) approach, Applied Soft Computing, 13(1):173-180.

Kumar, G., Maiti, J., (2012), Modeling risk based maintenance using fuzzy analytic network process, Expert Systems with Applications, 39(11):9946-9954.

Lang, T. M., Chiang, J. H., Lan, L.W., (2009), Selection of optimal supplier in supply chain management strategy with analytic network process and choquet integral, Computers & Industrial Engineering, 57:330–340.

Lee, Amy H.I., Hung, M.-C., Kang, H.-Y., Pearn, W.L., (2012), A wind turbine evaluation model under a multi-criteria decision making environment Energy Conversion and Management, 64:289–300.

Lin, C. T., Chen, C. B., Ting, Y. C., (2011), An ERP model for supplier selection in electronics industry, Expert Systems with Applications, 38:1760–1765.

Liou, J. J. H., Chuang, Y. T., (2010), Developing a hybrid multi-criteria model for selection of outsourcing providers, *Expert Systems with Applications*, 37:3755–3761.

Liou, J.J. H, Tzeng, G-H., Tsai, C-Y., Hsu, C-C., (2011), A hybrid ANP model in fuzzy environments for strategic alliance partner selection in the airline industry, *Applied Soft Computing*, 11:3515–3524.

Meade, L., Sarkis, J., (1999), Analyzing organizational project alternatives for agile manufacturing processes: an analytical network approach, *International Journal of Production Research*, 37(2):246.

Meade, L., Sarkis, J., (2002), A conceptual model for selecting and evaluating third-party reverse logistics providers, *Supply Chain Management: An International Journal*, 7(5):283-295.

Niemira, M. P., Saaty, T.L., (2004), An Analytic Network Process Model for Financial-Crisis Forecasting, *International Journal of Forecasting*, 20: 73-587.

Özbek, A., (2012), Üçüncü Parti Lojistik Firma Seçiminin Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri İle Belirlenmesi, *Doktora Tezi, Kırıkkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, sf:119.

Özbek, A., (2012), Üçüncü Parti Lojistik (3PL) Firmanın Analitik Hiyerarşi Süreciyle (AHS) Belirlenmesi, *International Journal of Engineering Research and Development*, 4(2):46-54.

Peters, M. L., Zelewski, S., (2008), Der Analytic Network Process als Technik zur Lösung multikriterieller Entscheidungsprobleme unter Berücksichtigung von Abhängigkeiten zwischen Kriterien, *WiSt*, 9:475-482.

Saaty, T. L., (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York.

Saaty, T. L., (1994), *Fundamentals of Decision Making and Priority Theory With The Analytical Hierarchy Process*, Pittsburg: RWS Publ, sf:26-84.

Saaty, T.L., (1996), *The ANP for Decision Making with Dependence and Feedback*, RWS Publications, USA.

Saaty, T. L. (1999), *The Analytic Hierarchy Process for Decision Making*, Kobe, Japan.

Saaty, T.L, (2001), *Decision Making with Dependence and Feedback, The Analytic Network Process*, RWS Publications, 2nd Edition, Pittsburgh, USA, ss:83-157.

Saaty, R. W., (2003), *The Analytic Hierarchy Process (AHP) for Decision Making and The Analytic Network Process (ANP) for Decision Making with Dependence and Feedback*, Pittsburg, sf:26.

Sarkis, J., Talluri, S., (2002), A model for strategic supplier selection, *Journal of Supply Chain Management*, 38(1):18–28.

Soba, M., (2012), *Promethee Yöntemi Kullanarak En Uygun Panelvan Otomobil Seçimi Ve Bir Uygulama*, *Journal of Yaşar University*, 28(7):4708–4721.

Sun, C., Pan, Y., Bi, R., (2010), Study on third-party logistics service provider selection evaluation indices system based on analytic network process with BOCR, *Logistics Systems and Intelligent Management, International Conference on*, sf:1013–1017.

Tam, Maggie C.Y., Tummala, V.M. Rao, (2001), *An Application of The AHP in Vendor Selection of a Telecommunications System*, *The*

International Journal of Management Science, 29:171-182,

Tang Y.C., Beynon, M.J., (2005), Application and development of a fuzzy Analytic hierarchy process within a capital investment study, Journal of Economics and Management, sf:207-230.

Terzi, Ü., Hacaloğlu, S. E., Aladağ, Z., (2006), Otomobil Satın Alma Problemi İçin Bir Karar Destek modeli, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, Yıl: 5 Sayı:10 Güz 2006/2, sf:43-49.

Ustasüleyman, T., Perçin, S., (2007), Analitik Ağ Süreci Yaklaşımıyla Kuruluş Yeri Seçimi, Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 9(3):37-55.

Vujanovic, D., İlovic, V. M., Paptic, V., (2012), Evaluation of vehicle fleet maintenance management indicators by application of DEMATEL and ANP, Expert Systems with Applications, 39:10552–10563.

Yavuz, S., (2012), Öğretmenlerin Otomobil Tercihlerinde Etkili Olan Faktörlerin Analitik Hiyerarşi Yöntemiyle Belirlenmesi, Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi, 2(32):29-46.

Yazgan, E., Üstün, K. A., (2011), Application of Analytic Network Process: Weighting Of selection Criteria For Civil Pilots, Journal Of Aeronautics And Space Technologies, 5(2):1-12.

Yüksel, İ., Dağdeviren, M., (2007), Using the analytic network process (ANP) in a SWOT analysis – A case study for a textile firm, Information Sciences, 177(16):3364-3382.

<http://www.fiat.com.tr/modeller/sayfalar/FiorinoCargo.aspx> (ET: 15/11/2012)

<http://www.thegreencarwebsite.co.uk/green-cars/ fiat/fiorino> (ET: 15/11/2012)

<http://www.renault.com.tr/araba/ticari/kango-o-express-classic/ozellikler> (ET: 15/11/2012)

<http://www.peugeot.com.tr/media/deliacms/media//41/4126-68f300.pdf>(ET: 15/11/2012)

<http://www.ford.com.tr/SBE/e-brosur-indirin/ticari-araclar/p=1205006649302> (ET: 15/11/2012)

<http://www.ford.com.tr/SBE/fiyat-listeleri/ticari-arac-fiyatlari/p=1205006649302> (ETi: 15/11/2012)

http://www.buyacar.co.uk/ford_transit_connect_220_swb_diesel/car_low_roof_van_tdc_90ps_23655.jhtml (ETi: 15/11/2012).