

Analitik Hiyerarşi Süreci ve Kalite Fonksiyon Göçerimi Yardımla Bakım Stratejisi Seçimi*

Yrd. Doç. Dr. Selçuk PERÇİN

Karadeniz Teknik Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü

Yrd. Doç. Dr. Talha USTASÜLEYMAN

Karadeniz Teknik Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü

ÖZET

Müşteri gereksinimlerinin teknik gereksinimlere dönüştürülmesini sağlayan bir araç olarak kalite evi, Kalite Fonksiyon Göçerimi (KFG) yaklaşımındaki en önemli tekniklerden biri haline gelmiştir. Son zamanlarda, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yaklaşımının kalite evinde yer alan müşteri gereksinimlerinin öncelik değerlerinin belirlenmesi amacıyla kullanılması önerilmektedir. Bu nedenle, çalışmanın amacı, bütünlük AHS-KFG yaklaşımının en uygun bakım stratejisinin seçilmesi amacıyla nasıl birlikte kullanılabileceğini açıklamaktır. Önerilen model bir otomobil servis istasyonunda uygulanmış ve Toplam Verimli Bakım (TVB) bu firma için en uygun bakım stratejisi olarak seçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Analitik Hiyerarşi Süreci, Kalite Fonksiyon Göçerimi, Kalite Evi, Toplam Verimli Bakım, Bakım Stratejisi

Selecting Maintenance Strategies by Using Analytic Hierarchy Process and Quality Function Deployment

ABSTRACT

As a tool to translate customer requirements into technical requirements, the house of quality (HOQ) has become one of the most important techniques in quality function deployment (QFD). Recently, Analytic Hierarchy Process (AHP) approach has been proposed for prioritizing (weighting) the customer requirements in HOQ. Thus, the aim of this study is to explain how the integrated AHP and QFD approach should be used for selecting the best maintenance strategy. The proposed method is applied to the automobile service station and the total productive maintenance (TPM) is selected as the most appropriate maintenance strategy for this firm.

Keywords: Analytic Hierarchy Process, Quality Function Deployment, House of Quality, Total Productive Maintenance, Maintenance Strategy

* Bu çalışma "8. Anadolu İşletmecilik Kongresi"nde (7-9 Mayıs 2009, Manisa) bildiri olarak sunulmuştur.

1. GİRİŞ

Günümüzde işletmeler makine, teçhizat, işgücü ve malzeme kaynaklarını optimal biçimde kullanarak yüksek kalite ve verimlilik düzeyine ulaşmayı amaçlarlar. Buna karşın, üretimde otomasyonun ağırlığının artması, işgücü kullanımını azaltarak, tüm makine, teçhizat ve donanımın, ürün çıktısı, kalite, maliyet, teslimat, çalışma ortamı, işyeri güvenliği ve çalışanların morali üzerindeki etkisini artırmıştır (Kodali ve Chandra, 2001:695). Sonuçta firmaların daha yüksek kalite ve verimlilik düzeyine ulaşma çabaları, bakım stratejilerini etkin bir biçimde uygulamalarını gerektirmiştir.

İşletmelerde düzeltici bakım (DB), önleyici bakım (ÖB) ve toplam verimli bakım (TVB) olmak üzere üç farklı bakım stratejisi uygulanmaktadır. DB stratejisinde, tüm makine, teçhizat ve donanım arızalanana kadar çalıştırılır, arızalanınca onarılır veya değiştirilir. Bu nedenle bu bakım programlarında beklenmeyen makine arızaları ve duraklamalar, gelir, işgücü ve kapasite kaybına neden olabilecek ve tüm imalat ve teslim programları aksatabilecektir (Chand ve Shirvani, 2000:150). ÖB yaklaşımında ise arızalar ortaya çıkmadan önce kötüye gidişler gözlenmekte ve küçük onarımlar yapılarak arızaların önlenmesi sağlanmaktadır (Swanson, 2001:238). Bakım yaklaşımlarında geline en son nokta ise TVB yaklaşımıdır. TVB'nin amacı, bakım faaliyetleri için küçük çalışan grupları oluşturarak, tüm çalışanların bu faaliyetlere katılımını sağlamak ve böylece kullanılan tüm makine, teçhizat ve donanımı içeren üretim sisteminin etkinliğini artırmaktır (Chan vd., 2005:74).

İşletmeler en uygun bakım stratejilerini belirlerken çok sayıda kriter ve bu kriterler arasındaki ilişkileri matematiksel modeller yardımıyla açıklayan çok sayıda yöntem kullanılmaktadır. En uygun bakım stratejisinin belirlenmesi, bir dizi karmaşık faktörün göz önünde bulundurulmasını gerektiren çok kriterli karar verme (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 Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) ve Kalite Fonksiyon Göçerimi (KFG) yaklaşımlarıdır.

Her iki metotta karar vericinin nitel ve nicel faktörleri birlikte değerlendirdiği durumlarda kullanılır. AHS yöntemi, karmaşık karar problemlerini hiyerarşik bir model aracılığıyla yapılandırmakta ve ikili karşılaştırma matrisleri yardımıyla karar vericilerin tüm kriter, alt kriter ve alternatiflerin öncelik değerlerini (görelî önem düzeyi ya da ağırlığı) belirlemelerini sağlamaktadır. Yöntemin basitliği, kolay uygulanabilirliği, tek ya da grup kararı almaya yatkın olması ve karar vericilerin yargılarının tutarlılığını dikkate alması en önemli avantajları olarak görülmektedir. AHS yöntemi son zamanlarda, KFG'nin temelini oluşturan kalite evinde, müşteri gereksinimlerinin öncelik değerlerinin belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Literatürde her iki yaklaşımın kullanıldığı birçok farklı alan bulunmaktadır. Örneğin, AHS yaklaşımı, kuruluş yeri seçimi (Partovi 2006; Yang ve Lee 1997;

Kodali ve Routroy, 2006), tedarikçi seçimi (Bayazit vd., 2006; Perçin, 2006), firma performansını değerlendirme (Rangone, 1996; Albayrak ve Erkut, 2005), ve tesis planlamayı (Abdul-Hamid vd., 1999) içeren birçok çalışmada kullanılmıştır. KFG yaklaşımı ise stratejik planlama (Crowe ve Cheng, 1996; Killen vd., 2005), yeni ürün geliştirme (Sher, 2006; Miguel, 2005; Cheng, 2003; Akbaba, 2005), firma ve tedarik zinciri performansını değerlendirme (Jagdev ve Bradley, 1997; Herrmann vd., 2006; Sanchez ve Perez, 2005) vb. birçok alanda kullanılmıştır. Bu iki yöntemin birlikte kullanıldığı çalışmalara da rastlamak mümkündür. Örneğin, Wang vd. (1998) ürün geliştirmede, Bhattacharya vd. (2005) robot seçiminde, Lu vd. (1994) stratejik pazarlamada ve Hanumaiah vd. (2006) üretim süreci seçiminde AHS ve KFG yaklaşımlarını birlikte kullanmışlardır. Ancak Türkçe literatürde bu yöntemlerin birlikte kullanıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle çalışmanın amacını, AHS-KFG yaklaşımlarının en uygun bakım stratejisinin seçilmesi amacıyla nasıl birlikte kullanılabileceğini açıklamak oluşturmaktadır. Ayrıca önerilen model, bir otomobil servis istasyonu için geliştirilmiştir. Bu amaçla öncelikle firma yöneticileri ve literatür bilgilerinden yararlanılarak modelde yer alacak “müşteri gereksinimleri” ve “teknik gereksinimler” tanımlanmıştır. Daha sonra, AHS yöntemi ile müşteri gereksinimlerinin öncelik değerleri hesaplanmıştır. Sonraki aşamada, KFG matrisi kullanılarak teknik gereksinimlerin öncelik değerleri belirlenmiştir. Son olarak, önerilen model yardımıyla en uygun bakım stratejisinin seçilebilmesi için her bakım alternatifinin aldığı toplam puanlar hesaplanmış ve en yüksek puana sahip alternatif belirlenmiştir.

Çalışmada ilk olarak bakım stratejileri açıklanacaktır. Daha sonra, AHS, KFG ve önerilen yöntemi içeren metodoloji bölümü tanıtılacaktır. Uygulama kısmında, bu yöntemler birlikte kullanılarak bir otomobil servis istasyonu için en uygun bakım stratejisinin nasıl seçilebileceği açıklanacaktır. Sonuç kısmında ise elde edilen bulgular sunulacaktır.

2. BAKIM STRATEJİLERİ

Firmalarda düzeltici bakım, önleyici bakım ve toplam verimli bakım olarak tanımlanabilen üç tür bakım programı ya da stratejisi kullanılmaktadır (Bateman, 1995; Kodali ve Chandra, 2001; Chan vd., 2005; Swanson, 2001).

2.1. Düzeltici Bakım Stratejisi

DB stratejisinde geçici arızalar makine ve teçhizatın yeniden çalışması için düzeltilir. Ancak sürekli arızalar düzeltildikten sonra, bir sonraki arıza oluşuncaya kadar makine ve teçhizat çalıştırılmaya devam edilir ve herhangi bir önlem alınmaz. Bu durum, diğer makine parçalarının da arızalanmasına neden olabilecektir (Bateman, 1995:19). Ayrıca, artan makine arızaları, kalite, maliyet, hız ve esneklik açısından firma ve bakım performansını da olumsuz etkileyecektir (Thun, 2006:164).

2.2. Önleyici Bakım Stratejisi

Önleyici bakım, belirli aralıklarla ya da makineler belirli bir süre kullanıldıktan sonra uygulanmaktadır. Bu programda, makine parçalarının değiştirilmesi, makine, teçhizat ve donanımın temizliği, yağlanması, ayarlanması vb. faaliyetler yerine getirilir. Ayrıca önleyici bakım faaliyetleri süresince üretim ekipmanında arıza oluşabileceğini dair belirtiler varsa bunlar da kontrol edilmektedir (Swanson, 2001:238). Beklenmeyen arızaları azaltan bu bakım programının amaçları, donanımın kullanım ömrünü uzatmak, toplam bakım maliyetlerini azaltmak, çalışanlar için güvenli bir çalışma ortamı oluşturmak, üretim donanımının ayarlarını etkin biçimde yaparak ürün kalitesini artırmaktır (Bateman, 1995:19).

2.3. Toplam Verimli Bakım Stratejisi

TVB, hem kullanılan, hem de yeni tasarlanan makine, teçhizat ve donanımın performansının iyileştirilmesine yöneliktir. TVB, makine hataları, hazırlık zamanlarının artması, duraklamalar, üretim hızının ve çıktı düzeyinin azalması ve süreçteki kusurlu ürünlerin artmasını içeren temel imalat hatalarını önlemek üzere geliştirilmiştir (Wang, 2006:657; Chand ve Shirvani, 2000:151; Carannante vd., 1996:606). TVB stratejisinde, bakım faaliyetlerini yerine getiren küçük grup veya takımlar üretim ve bakım bölümleri arasında işbirliğine yönelik ilişkiler geliştirirler. Bu çalışanlar, bakım faaliyetleri yerine getirilirken, makine ve teçhizatın izlenmesi, bakımı ve kontrolü aşamalarında etkin rol almaktadırlar. Bu nedenle, TVB'nin amaçları (Wang, 2006; Swanson, 2001; Kodali ve Chandra, 2001; Chan vd., 2005):

- i) Üretim sisteminin ve tüm makine, teçhizat ve donanımın etkinliğini artırmak,
- ii) TVB uygulamasında yer alan tüm makine, teçhizat ve donanımın kullanım ömrünü uzatmak,
- iii) Üst yönetimden imalat işçilerine kadar tüm çalışanların TVB faaliyetlerine katılımını sağlamak,
- iv) Çalışanların motivasyonlarını artırarak, TVB faaliyetlerini desteklemek biçimindedir.

3. METODOLOJİ

3.1. Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS)

AHS, Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiş ÇKKV tekniğidir. AHS'nin en önemli özelliği, karar almada grup veya bireyin önceliklerini dikkate alarak nitel ve nicel değişkenleri bir arada değerlendirebilmesidir. AHS'de karar sürecini etkileyen tüm faktörlerin belirlenebilmesi için anket çalışması veya bu konuda uzman kişilerin görüşlerine başvurulur. Daha sonra karar problemi, amaç, kriter, alt kriter ve alternatifleri içeren hiyerarşik bir yapıya dönüştürülür. Hiyerarşik yapı oluşturulduktan sonra, kriterlerin en üst düzeyde yer alan amaca göre ve alternatiflerin bir üst düzeyde yer alan kriterlere göre karşılaştırılabilmesini sağlayan ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur (Saaty, 2006:10-11). Bu matrislerin oluşturulmasında Saaty tarafından önerilen

temel karşılaştırma ölçeği kullanılmaktadır. Tablo 1’de bu amaçla geliştirilen ölçek tablosu görülmektedir. Bu tablo yardımıyla hiyerarşik yapı içerisinde yer alan her elemanın öncelik değeri hesaplanır. Daha sonra, elde edilen öncelik değeri hiyerarşik yapıda kendisinden bir üst düzeyde yer alan elemanın öncelik değeri ile çarpılır. Bu süreç en üst düzeyde yer alan amaca ulaşmaya kadar her seviye için tekrar edilir. Böylece, tüm karar alternatiflerinin amaca göre ağırlıklandırılmış öncelik değerleri elde edilmiş olur. Sonuçta toplam puanlar itibariyle alternatifler sıralanarak en iyi alternatif seçilir (Bilsel vd., 2006:1184).

Tablo 1. 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	Ortalama değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki yakın karar arasındaki ara değerler
	İki taraflı olma (<i>reciprocal</i>)	Tersi karşılaştırmalar için

Kaynak: Saaty ve Vargas, 2001:6; Saaty, 2006:73.

AHS sürecinin aşamaları aşağıdaki biçimdedir:

1. *Aşama:* Tablo 1’deki ölçekten yararlanılarak, teknik gereksinim faktörlerinin birbirleri ile karşılaştırılması amacıyla n sayıda kriter ve m sayıda alternatif içeren D karar matrisi oluşturulur. Buna göre D matrisindeki d_{12} , amaca ulaşmada 1. teknik gereksinimin 2. teknik gereksinimden ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Ayrıca, n sayıda kriter için gerçekleştirilen $n*(n-1)/2$ karşılaştırma tutarlı ise D matrisindeki her eleman için $d_{ij}=1/d_{ji}$ geçerli olacaktır. Örneğin d_{21} değeri, $d_{21}=1/d_{12}$ eşitliğinden elde edilecektir. Bu özellik iki taraflı olma ya da tersi olma (*reciprocal*) özelliği olarak tanımlanmaktadır (Bhattacharya vd., 2005:3674; Saaty, 2006:13).

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1n} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_{m1} & d_{m2} & \dots & d_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

2. *Aşama*: İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra her kritere ait öncelik değerleri hesaplanmaktadır. Bu amaçla D ikili karşılaştırma matrisindeki her bir sütun değeri, ilgili sütun toplamına bölünerek D matrisi normalleştirilir. Normalleştirilmiş matristeki her sütun toplamı 1'dir. Daha sonra bu matristeki her satırın geometrik ortalaması alınır. Elde edilen değerler her bir kriter için bulunan öncelik değerlerini göstermektedir (Işıklar ve Büyüközkan, 2007:270).

3. *Aşama*: Karar vericilerin yargılarının tutarlılığını ölçmek amacıyla tutarlılık indeksi (Consistency Index-CI) hesaplanır. Bu amaçla D matrisindeki en büyük özdeğer (λ_{\max}) bulunur. Bunun için D matrisindeki kriterlere ait öncelik değerleri ile sütun toplamı çarpılarak toplanır (Saaty ve Vargas, 2001:9; Bhattacharya vd., 2005:3674).

$$\lambda_{\max} = \sum_{i,j=1}^n C_j PV_i \quad (2)$$

Burada PV_i her kriterin öncelik değerini, C_j ise her bir sütunun toplamını göstermektedir.

4. *Aşama*: D matrisinin tutarlılığı (3) numaralı denklem kullanılarak test edilir. Aşağıdaki formülde CI tutarlılık indeksini, n ise her bir matrisin eleman sayısını göstermektedir.

$$CI = (\lambda_{\max} - n)/(n-1) \quad (3)$$

Tutarlılık indeksi 0'a yaklaştıkça karar vericilerin değerlendirmelerinin tutarlılığı artacaktır (Saaty ve Vargas, 2001:9)

5. *Aşama*: Rassal göstergeler tablosundan yararlanılarak rassal indeks değerleri(Random Indexs-RI) bulunur (Saaty ve Vargas, 2001:9; Saaty, 2006:84).

Tablo 2. Ortalama Rassal Tutarlılık İndeks Değerleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rassal indeks	0	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Tablo 2'de n matris boyutuna göre rassal indeks değerleri görülmektedir. Burada n kriter sayısını göstermektedir.

6. *Aşama*: Tutarlılık oranı (CR) her matris için $CR=CI/RI$ hesaplanarak bulunur. CR değeri 0.10'un altında olursa kabul edilir, eğer 0.10'dan büyükse reddedilir (Saaty, 2006:84). Bu durumda karar vericilerin, kriter ya da alternatiflere ilişkin değerlendirmelerini gözden geçirmeleri ve ikili karşılaştırma matrislerini yeniden oluşturmaları gerekir.

7. *Aşama*: İkili karşılaştırma matrisleri ($A_i=1,2,3,\dots,n$) her bir bakım stratejisi alternatifi için oluşturulur. Tablo 1 bu matrislerin öncelik değerlerinin belirlenmesi amacıyla kullanılır ve 2. aşamadan 6. aşamaya kadar olan adımlar tekrar uygulanarak öncelik değerleri, en büyük özdeğer (λ_{\max}), CI ve CR hesaplanır.

beklentilerini (müşteri gereksinimleri), B matrisi ise planlama matrisini (müşteri gereksinimlerinin öncelik değeri) gösterir. Kalite evinin C ve E kısımlarında teknik gereksinimler ve bunlar arasındaki korelasyonlar yer almaktadır. Müşteri gereksinimlerinin teknik gereksinimlere dönüştürüldüğü ve teknik gereksinimlere ilişkin öncelik değerlerinin belirlendiği kısımlar ise D ve F matrisleridir (Eldin, 2002:30-31; Kumar ve Midha, 2001:128-129). Kalite evi aynı zamanda müşteri odaklı bir karar verme aracıdır. Bu nedenle çalışmada kalite evi, en uygun bakım stratejisinin seçilmesi amacıyla kullanılacaktır.

3.3. Önerilen Metot

Çalışmada en uygun bakım stratejisinin seçilmesi amacıyla önerilen bütünleşik AHS-KFG metodunun aşamaları aşağıda verilmektedir (Bhattacharya ve diğerleri, 2005:3677; Hanumaiah ve diğerleri, 2006:336; Wang ve diğerleri, 1998:424):

1. *Aşama:* Müşteri gereksinimleri belirlenir.
2. *Aşama:* Teknik gereksinimler belirlenir.
3. *Aşama:* Uzmanların bilgilerinden yararlanılarak merkezi ilişkiler matrisi oluşturulur.
4. *Aşama:* AHS kullanılarak müşteri gereksinimleri için öncelik değeri hesaplanır.
5. *Aşama:* Aşağıdaki (4) numaralı eşitlik kullanılarak teknik gereksinimlerin öncelik değeri hesaplanır.

$$w_j = \sum_{i=1}^m R_{ij} c_i \quad (4)$$

Burada w_j , j 'nci ($j= 1,2,\dots,n$) teknik gereksinim için öncelik değeri ifade eder. R_{ij} , merkezi ilişkiler matrisinde i .nci müşteri gereksinimi ile j .nci teknik gereksinim arasındaki ağırlıklandırılmış ilişkiyi, c_i ise i .nci müşteri gereksiniminin öncelik değerini göstermektedir.

6. *Aşama:* Aşağıdaki (5) numaralı denklem kullanılarak teknik gereksinimlerin öncelik değeri normalleştirilir.

$$\overline{w}_j = \frac{w_j}{\sum_{j=1}^n w_j} \times 100 \quad (5)$$

7. *Aşama:* Alternatiflerin her bir teknik gereksinim kriterine göre ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur.

8. *Aşama:* Her alternatifin, her bir teknik gereksinim kriterine göre puanı e_{ij} hesaplanır.

9. *Aşama:* Aşağıdaki (6) numaralı eşitlik kullanılarak alternatiflerin toplam puanları hesaplanır.

$$S_j = \sum_{j=1}^n \overline{w}_j e_{ij} \quad (6)$$

Burada, S_j , j 'nci ($j=1,2,\dots$) alternatif için toplam puanı ifade etmektedir. \bar{w}_j , j 'nci ($j=1,2,\dots$) teknik gereksinim kriterinin normalleştirilmiş öncelik değerini ve e_{ij} ise j 'nci alternatifin i 'nci teknik gereksinim kriteri üzerindeki öncelik değerini göstermektedir.

10. *Aşama*: Alternatifler aldıkları toplam puanlar itibariyle sıralanır ve en yüksek puana sahip alternatif seçilir.

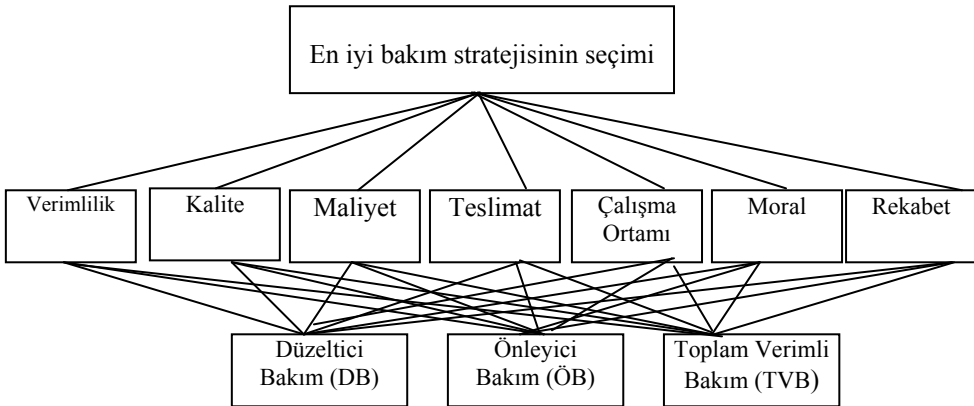
4. UYGULAMA

Çalışmada önerilen model, bir otomobil servis istasyonu için geliştirilmiştir. Bu amaçla öncelikle modelde yer alan müşteri gereksinimleri ve teknik gereksinimler kriterler tanımlanmıştır. En uygun bakım stratejisinin belirlenmesine yönelik çalışmalar incelendiğinde araştırmacıların genellikle verimlilik, kalite, maliyet ya da satışlar, teslimat, güvenlik, sağlık ve çevre, işgücünün morali, çalışma ortamı ve rekabet avantajlarından oluşan teknik gereksinim kriterlerini kullandığı görülür (Kodali ve Chandra, 2001; Wang, 2006). Ayrıca bazı araştırmacıların bu kriterlere ilave olarak esneklik (Mckone, 2001), müşteri tatmini ve performans (Brah ve Chong, 2004), ya da pazar payı, yatırımların getirisi ve net kar (Seth ve Tripathi, 2006) kriterlerini dikkate almaktadır. Çalışmada, teknik gereksinim kriterlerinin seçiminde literatürden (Carannante ve diğerleri, 1996; Kodali ve Chandra, 2001; Mckone, 2001; Brah ve Chong, 2004; Wang, 2006, Seth ve Tripathi, 2006) ve otomobil servis istasyonunda çalışan uzmanların görüşlerinden yararlanılmıştır. Buna göre, modelde yer alan teknik gereksinimler, verimlilik, kalite, maliyet, teslimat, çalışma ortamı, moral ve rekabet olmak üzere 7 ana kriter içermektedir. Ayrıca müşteri gereksinimleri kriterlerinin belirlenmesinde, otomobil servis istasyonunda hizmet gören müşterilerden yararlanılmıştır. Modelde yer alan "müşteri gereksinimleri", karşılama, güler yüz ve önem (KA), doğru teşhis (DT), kaliteli iş (KI), hızlılık ve sürelere uyma (HS), ödenen para/alınan hizmet dengesi (PH), fatura ve işlemlerin açıklanması (FI), temizlik ve çevre (TÇ) olmak üzere 7 ana kriterden oluşmaktadır. Tablo 3, en iyi bakım stratejisinin seçimi için gereken teknik gereksinim kriterlerini ve açıklamalarını göstermektedir.

Tablo 3. Teknik Gereksinim Kriterleri

Teknik gereksinim kriterleri	Açıklaması
<i>Verimlilik</i>	Verimlilik, bir işi yapmanın, bir ürünü üretmenin veya bir hizmeti sunmanın daha kolay, daha ucuz ve daha güvenli yolunu bulmayı içeren fikirlerin geliştirilmesidir. Herhangi bir faktörün çıktısı ile girdisi arasındaki oran ilgili faktörün verimliliğini ifade etmektedir.
<i>Kalite</i>	Kalite, bir işletmenin müşterileri için daha kabul edilebilir ürün veya hizmetler sağlamasının bir ölçüsüdür. Bakım stratejileri, firmalara, müşterilerinin gereksinimlerini karşılayan çok daha kullanılabilir ürün veya hizmetler üretmelerini sağlar.
<i>Maliyet</i>	İşletmelerde gereksiz işgücü, hatalı yönetim, arıza, hammadde ve yarı mamullerin depoda beklemesi, yeniden imalat vb. biçimlerde üretim zamanı kayıpları oluşabilir. Bakım stratejileri tüm israf ve kayıp zamanları önlemeyi amaçlar.
<i>Teslimat</i>	Teslimat, tedarikçilerin planlanan zaman ve miktardaki ihtiyaçları karşılama yeteneğidir. Bakım stratejileri, tedarikçilerle uzun süreli ilişkiler geliştirilmesini, üretim planlamanın iyileştirilmesini, israfın ve hazırlık zamanlarının azaltılmasını, verimlilik artışı ve sürekli iyileştirme sağlamaktadır.
<i>Çalışma ortamı</i>	Bakım stratejileri iletişimi geliştirmek, daha iyi işçi-işveren ilişkileri sağlamak, daha iyi bir kariyer imkânı sağlamak, stresi azaltmak ve özgüveni artırmak gibi faydalar sağlar.
<i>Moral</i>	Tüm grupların memnuniyeti olarak tanımlanır. Katılımcı yönetim anlayışına dayalı küçük grup faaliyetleri, verimliliği artırarak çalışma şartlarını iyileştirir.
<i>Rekabet</i>	Bakım stratejileri, zaman, maliyet, kalite, teslimat, satış sonrası hizmetler, hızlı tasarım ve müşteri memnuniyetini içeren performans göstergelerinin iyileştirilmesini sağlar.

Ayrıca, alternatifler DB, ÖB ve TVB olarak tanımlanmıştır. Şekil 2’de en iyi bakım stratejisinin seçimi için oluşturulan hiyerarşik yapı görülmektedir.



Şekil 2. En İyi Bakım Stratejisinin Seçimi İçin Oluşturulan Hiyerarşik Yapı

Bundan sonraki aşama servis istasyonunda hizmet gören müşterilerin bilgilerinden yararlanılarak müşteri gereksinimlerinin öncelik değerlerinin belirlenmesidir. Bu amaçla temel karşılaştırma tablosu yardımıyla müşterilerden sağlanan verilerle aşağıdaki 7x7, D müşteri gereksinim matrisi oluşturulmuştur.

$$D = \begin{matrix} & KA & DT & KI & HS & PH & FI & TÇ \\ \begin{matrix} KA \\ DT \\ KI \\ HS \\ PH \\ FI \\ TÇ \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 1/4 & 1/9 & 1/5 & 1/6 & 1/2 & 2 \\ 4 & 1 & 1/2 & 2 & 1/3 & 2 & 3 \\ 9 & 2 & 1 & 4 & 1/2 & 7 & 5 \\ 5 & 1/2 & 1/4 & 1 & 1/2 & 4 & 3 \\ 6 & 3 & 2 & 2 & 1 & 3 & 8 \\ 2 & 1/2 & 1/7 & 1/4 & 1/3 & 1 & 2 \\ 1/2 & 1/3 & 1/5 & 1/3 & 1/8 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} & = & \begin{bmatrix} 0.0364 \\ 0.1328 \\ 0.2737 \\ 0.1192 \\ 0.2863 \\ 0.0579 \\ 0.0349 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

D müşteri gereksinim matrisi oluşturulurken, müşterilerin kriterlere verdiği puanların ortalaması alınmıştır. Görüldüğü gibi D müşteri gereksinim matrisinin öncelik değerleri sırasıyla [0.0364, 0.1328, 0.2737, 0.1192, 0.2863, 0.0579, 0.0349] biçiminde hesaplanmıştır. Buna göre, müşteri gereksinimleri içerisinde yer alan “ödenen para/alınan hizmet dengesi” ve “kaliteli iş” kriterleri sırasıyla 0.2863 ve 0.2737 öncelik değerleri ile en yüksek öneme sahip kriterler olarak belirlenmiştir. Müşteri gereksinim matrisinin uygunluğu kontrol edildiğinde sırasıyla $\lambda_{\max} = 7.051$; $CI=0.0085$; $RI=1.35$; ve $CR=0.006$ değerleri elde edilmiştir. Ayrıca $CR < 0.10$ şartını sağladığından D matrisinden elde edilen bilgilerin tutarlılık derecesi “iyi”dir. Bundan sonraki aşama KFG matrisi yardımıyla en uygun bakım stratejisinin seçilmesidir. KFG’nin temelini oluşturan kalite evi, müşteri gereksinimleri (A), bu gereksinimlere karşılık gelen teknik gereksinimler (C), merkezi ilişkiler matrisi (D) ve planlama matrisinden (B) oluşmaktadır. Tablo 4’de, bakım stratejisi seçimi için KFG matrisi görülmektedir.

Tablo 4. Bakım Stratejisi Seçimi İçin KFG Matrisi

	Teknik Gereksinimler								Müşteri gereksinimleri öncelik değeri
	Verimlilik	Kalite	Maliyet	Teslimat	Çalışma ortamı	Moral	Rekabet		
Müşteri gereksinimleri	1. Karşılama gül. yüz ön.		■				■	□	0.0364
	2. Doğru teşhis	■	■	□		□	■	□	0.1328
	3. Kaliteli iş	□	■	■	□	■	■	■	0.2737
	4. Hızlılık ve sürelerle uy.	□	□	□	■	□	□	■	0.1192
	5.Ödenen para/alınan hiz.d.		□	■	□			■	0.2863
	6.Fatura/işlemlerin açıklan.		□	□	□			□	0.0579
	7. Temizlik ve çevre		□			■		□	0.0349
	Teknik gereksin. önc. değ.	3.160	6.192	6.590	2.836	1.935	2.956	4.803	
	Normalleştirilmiş önc. değ.	11.1	21.75	23.14	9.96	6.79	10.38	16.87	

(■: Güçlü ilişki=9; ■: Orta düzeyde ilişki=5; □: Zayıf ilişki=1; Boşluk: İlişki yok=0)

KFG matrisi oluşturulurken kalite evinde yer alan müşteri gereksinimleri ve teknik gereksinimler arasındaki ilişkileri yansıtan merkezi ilişkiler matrisinin oluşturulması gerekir. Bu konuda servis istasyonunda çalışan uzmanların görüşlerinden yararlanılmıştır. Daha sonra uzmanlar kalite evinde yer alan alternatiflerin her bir teknik gereksinim kriterine göre öncelik değerini belirlemişlerdir. Aşağıda alternatiflerin teknik gereksinim kriterleri ile karşılaştırılması sonucu elde edilen 7 adet ikili karşılaştırma matrisi ve her alternatifte ilişkin öncelik değerleri yer almaktadır.

$$\begin{aligned}
 A_1 &= \begin{pmatrix} DB \\ ÖB \\ TVB \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/2 \\ 3 & 1 & 3 \\ 2 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.155 \\ 0.585 \\ 0.246 \end{bmatrix} & \text{Verimlilik } A_2 &= \begin{pmatrix} DB \\ ÖB \\ TVB \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1/9 & 1/4 \\ 9 & 1 & 3 \\ 4 & 1/3 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.069 \\ 0.680 \\ 0.249 \end{bmatrix} & \text{Kalite} \\
 A_3 &= \begin{pmatrix} DB \\ ÖB \\ TVB \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/9 \\ 2 & 1 & 1/5 \\ 9 & 5 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.082 \\ 0.158 \\ 0.761 \end{bmatrix} & \text{Maliyet } A_4 &= \begin{pmatrix} DB \\ ÖB \\ TVB \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 1/3 \\ 5 & 1 & 2 \\ 3 & 1/2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.109 \\ 0.581 \\ 0.309 \end{bmatrix} & \text{Teslimat} \\
 A_5 &= \begin{pmatrix} DB \\ ÖB \\ TVB \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/7 \\ 3 & 1 & 1/5 \\ 7 & 5 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.080 \\ 0.186 \\ 0.721 \end{bmatrix} & \text{Çalış. ort. } A_6 &= \begin{pmatrix} DB \\ ÖB \\ TVB \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1/4 & 1/6 \\ 4 & 1 & 1/2 \\ 6 & 2 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.089 \\ 0.323 \\ 0.586 \end{bmatrix} & \text{Moral} \\
 A_7 &= \begin{pmatrix} DB \\ ÖB \\ TVB \end{pmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 4 & 1/3 \\ 1/4 & 1 & 1/6 \\ 3 & 6 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.267 \\ 0.084 \\ 0.636 \end{bmatrix} & \text{Rekabet}
 \end{aligned}$$

Alternatiflerin öncelik değerlerinin belirlenmesinde de, uzmanların alternatiflere verdiği puanların ortalaması alınmıştır. İkili karşılaştırma matrislerinden elde edilen öncelik değerleri kontrol edildiğinde tüm matrislerin tutarlı olduğu görülür ($CR < 0$). Alternatiflerin aldıkları puanlar teknik gereksinimlerle ilişkilendirildiğinde, her bakım stratejisinin toplam puanları hesaplanabilecektir. Tablo 5, alternatif bakım stratejilerine ilişkin elde edilen puanları göstermektedir.

Tablo 5. Bakım Stratejilerine İlişkin Elde Edilen Puanlar

Teknik Gereksinim Kriterleri	Öncelik Değeri	DB	ÖB	TVB	CI	CR=CI/RI	Tutarlılık oranı (%)
Verimlilik	11.10	0.155	0.585	0.246	0.0038	0.0072	0.72
Kalite	21.75	0.069	0.680	0.249	0.0013	0.0026	0.26
Maliyet	23.14	0.082	0.158	0.761	0.0003	0.0005	0.05
Teslimat	9.96	0.109	0.581	0.309	0.0003	0.0006	0.06
Ç.Ortamı	6.79	0.080	0.186	0.721	0.0113	0.0217	2.17
Moral	10.38	0.089	0.323	0.586	0.0008	0.0016	0.16
Rekabet	16.87	0.267	0.084	0.636	0.0062	0.0119	1.19
Toplam Puanlar		12.176	36.759	50.541			

Bakım stratejileri toplam puanlar itibariyle sıralandığında toplam verimli bakım stratejisinin ağırlığının düzeltici ve önleyici bakım stratejilerinden daha fazla olduğu görülmektedir. Bu nedenle otomobil servis istasyonu için önerilen bakım stratejisi %50.541 ağırlığa sahip TVB'dir.

5. SONUÇ

İşletmelerde genellikle düzeltici bakım (DB), önleyici bakım (ÖB) ve toplam verimli bakım (TVB) olmak üzere üç farklı bakım stratejisi uygulanmaktadır. Ancak, en uygun bakım stratejisinin belirlenmesi bir dizi karmaşık faktörün göz önünde bulundurulmasını gerektiren ÇKKV problemidir. Çalışmada, en iyi bakım stratejisinin seçilmesi amacıyla AHS-KFG yaklaşımlarının birlikte kullanılması amaçlanmıştır. Önerilen model özel bir otomobil servis istasyonuna uygulanmıştır. Sonuçta, AHS ve KFG'nin birlikte uygulanması durumunda, TVB stratejisinin diğer bakım stratejilerine üstünlük taşıyacağı ve servis istasyonu için en uygun bakım stratejisi olduğu görülmüştür. Dolayısıyla, servis istasyonu yöneticileri, TVB stratejisi ile bakım faaliyetlerinin etkinliğini artırmaya odaklanmalıdır.

Çalışmada önerilen AHS-KFG modelinin birçok avantajı vardır. AHS yönteminin üstünlükleri, hiyerarşik bir model aracılığıyla nitel ve nicel faktörleri bir arada değerlendirebilmesi, basitliği, hesaplamada kolaylık sağlaması, tek ya da grup kararına uygunluğu ve karar vericilerin yargılarının tutarlılığını test edebilmesidir. Yöntemin en önemli dezavantajı ise karar vericilerin ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlı olmaması halinde, yargılarını yeniden değerlendirmelerini gerektirmesidir. KFG içerisinde yer alan kalite evi

ise müşteri gereksinimlerinin öncelik değerlerinin belirlenmesinde AHS yöntemi ile birlikte kullanılmaktadır. Dolayısıyla alternatif bakım stratejilerinin seçiminde bu iki yöntemin birlikte kullanılması değerlendirmeyi kolaylaştırmaktadır. Bundan sonra yapılacak çalışmalarda bütünleşik AHS-KFG modeli, farklı sektörlerdeki imalat firmalarına yönelik olarak uygulanabilir.

KAYNAKÇA

- ABDUL-HAMID, Y.T, KOCHHAR, A.K. and KHAN, M.K. (1999). An Analytic Hierarchy Process Approach To The Choice Of Manufacturing Plant Layout, **Proceedings of the Institution of Mechanical Engineerings- Part B**, 213 (4): 397-406.
- AKBABA, A. (2005). Yeni Ürün Geliştirme Sürecinde Kalite Fonksiyon Göçerimi (KFG): Turizm İşletmeleri İçin KFG Temelli Bir Ürün Geliştirme Süreci Önerisi, **Selçuk Üniversitesi Karaman İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, 2 (5): 38- 59.
- ALBAYRAK, Y.E. ve ERKUT, H. (2005). Banka performans değerlendirmede analitik hiyerarşi süreç yaklaşımı, **İTÜ dergisi/mühendislik**, 4 (6): 47- 58.
- BATEMAN, J.F. (1995). Preventive maintenance: Stand alone manufacturing compared with cellular manufacturing, **Industrial Management**, 37 (1):19-21.
- BAYAZIT, O, KARPAK, B. and YAGCI, A. (2006). A purchasing decision: Selecting a supplier for a construction company**, Journal of Systems Science and Systems Engineering, **15 (2): 217- 231.**
- BHATTACHARYA, A., SARKAR, B. and KUMAR, M.S. (2005). Integrating AHP with QFD for robot selection under requirement perspective, **International Journal of Production Research**, 43 (17): 3671-3685.
- BILSEL, R.U., BÜYÜKÖZKAN, G. and RUAN, D. (2006). A Fuzzy Preference-Ranking Model For A Quality Evaluation Of Hospital Web Sites, **International Journal of Intelligent Systems**, 21 (11): 1181-1197.
- BRAH, S.A. and CHONG, W.K. (2004). Relationship between total productive maintenance and performance, **International journal of Production Research**, 42(12): 2383-2401.
- CARANNANTE, T., HAIGH, R.H. and MORRIS, D.S. (1996). Implementing total productive maintenance: A comparative study of the UK and Japanese foundry industries, **Total Quality Management**, 7 (6): 605-611.
- CHAN,,F.T.S., LAU, H.C.W, Ip, R.W.L., CHAN, H.K. and KONG, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study, **International Journal of Production Economics**, 95 (1): 71-94.
- CHAND, G. and SHIRVANI, B. (2000). Implementation of TPM in Cellular Manufacture, **Journal of Materials Processing Technology**, 103 (1): 149- 154.
- CHENG, L.C. (2003). QFD in Product Development: Methodological Characteristics and a Guide for Intervention, **International Journal of Quality & Reliability, Management**, 20 (1):107-122.
- CROWE, T.J. and CHENG, C. (1996). Using quality function deployment in manufacturing strategic planning, **International Journal of Operations & Production Management**, 16 (4):35-48.
- ELDIN, N.A. (2002). Promising Planning Tool: Quality Function Deployment, **Cost Engineering**, 44(3):28-37.

- GRIFFIN, A. and HAUSER, J. (1993). Voice of customer, *Marketing Science*, 12 (1):1-27.
- HANUMAIHAH, N., RAVI, B. and MUKHERJEE N.P. (2006). Rapid hard tooling process selection using QFD-AHP methodology, **Journal of Manufacturing Technology Management**, 17(3):332-350.
- HERRMANN A. HUBER, F. ALGESHEIME, R. and TOMCZAK, (2006). An Empirical Study of Quality Function Deployment on Company Performance, **International Journal of Quality & Reliability Management**, 23 (4):345-366.
- IŞIKLAR, G. and BÜYÜKÖZKAN, G. (2007). Using A Multi-Criteria Decision Making Approach To Evaluate Mobile Phone Alternatives, **Computer Standards & Interfaces**, 29 (2): 265-274.
- JAGDEV, H. and BRADLEY, P.A (1997). QFD Based Performance Measurement Tool, **Computers in Industry**, 33 (2/3): 357-366.
- KILLEN, C.P., WALKER, M. and HUNT, R.A. (2005). Strategic Planning Using QFD, **International Journal of Quality & Reliability Management**, 22 (1):17-29.
- KODALI, R. and CHANDRA, S., (2001). Analytical hierarchy process for justification of total productive maintenance, **Production Planning & Control**, 12 (7): 695-705.
- KODALI, R. and ROUTROY, S. (2006). Decision Framework for Selection of Facilities Location in Competitive Supply Chain, **Journal of Advanced Manufacturing Systems**, 5 (1): 89-110.
- KUMAR, R. and MIDHA, P.S. (2001). A QFD based methodology for evaluating a company's PDM requirements for collaborative product development, **Industrial Management & Data Systems**, 101 (3): 126-131.
- LIU, C-H. and WU, H-H (2008). A Fuzzy Group Decision-Making Approach in Quality Function Deployment, **Quality & Quantity**, 42 (4):527-540.
- LU, M.H., MADU, C.N., KUEI, C.H. and WINOKUR, D. (1994). Integrating QFD, AHP and Benchmarking in Strategic Marketing, **Journal of Business & Industrial Marketing**, 9 (1):41-50.
- McKONE, K. E., SCHROEDER, R.G. ve CUA K.O. (2001). The Impact of Total Productive Maintenance Practices on Manufacturing Performance, **Journal of Operations Management**, 19 (1):39-58.
- MIGUEL, P.A.C. (2005). Evidence of QFD Best Practices for Product Development: A Multiple Case Study, **International Journal of Quality & Reliability Management**, 22 (1):72-82.
- PARTOVI, F.Y. (2006). An analytic model for locating facilities strategically, **Omega**, 34 (1): 41-55.
- PERÇİN, S. (2006). An application of the integrated AHP-PGP model in supplier selection, **Measuring Business Excellence**, 10 (4): 34-49.
- RANGONE, A. (1996). An Analytical Hierarchy Process Framework For Comparing the Overall Performance of Manufacturing Departments, **International Journal of Operations & Production Management**, 16 (8): 104-119.
- SAATY, T.L. (2006). **Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with The Analytic Hierarchy Process**, RWS Publications, Pittsburgh, USA.
- SAATY, T.L. and VARGAS, L.G. (2001). **Models, Methods, Concepts and Applications of The Analytic Hierarchy Process**, Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.
- SANCHEZ, A.M. and PEREZ, M.P. (2005). Supply chain flexibility and firm performance: A conceptual model and empirical study in the automotive industry,

- International Journal of Operations & Production Management**, 25 (7): 681-700.
- SETH, D. and TRIPATHI, D. (2006). A Critical Study of TQM and TPM Approaches on Business Performance of Indian Manufacturing Industry, **Total Quality Management**, 17 (7): 811-824.
- SHER, S.S., (2006). The Application of Quality Function Deployment (QFD) in Product Development- The Case Study of Taiwan Hypermarket Building, **Journal of American Academy of Business, Cambridge**, 8 (2): 292-295.
- SWANSON, L. (2001). Linking Maintenance Strategies to Performance, **International Journal of Production Economics**, 70 (3): 237-244.
- THUN J.H. (2006). Maintaining preventive maintenance and maintenance prevention: analyzing the dynamic implications of Total Productive Maintenance, **System Dynamics Review**, 22 (2): 163-179.
- WANG, F.K. (2006). Evaluating the Efficiency of Implementing Total Productive Maintenance, **Total Quality Management**, 17 (5): 655-667.
- WANG, H., XIE, M. and GOH, T.N. (1998). A Comparative Study of the Prioritization Matrix Method and The Analytic Hierarchy Process Technique In Quality Function Deployment, **Total Quality Management**, 9 (6): 421-430.
- YANG, J. and LEE, H. (1997). An AHP Decision Model for Facility Location Selection, **Facilities**, 15 (9-10): 241-254.