

GEMİ SİSTEMLERİ İÇİN ENTEGRE BAKIM-ONARIM YÖNETİMİ GEREKSİNİMİNİN ANALİZİ

Selçuk ÇEBİ *

Endüstri Mühendisliği Bölümü,
İstanbul Teknik Üniversitesi
Maçka-İstanbul
cebiselcuk@gmail.com

Metin ÇELİK

Deniz Ulaştırma ve İşletme
Mühendisliği Bölümü, İstanbul
Teknik Üniversitesi, Tuzla-İstanbul
celikmet@itu.edu.tr

Cengiz KAHRAMAN

Endüstri Mühendisliği Bölümü,
İstanbul Teknik Üniversitesi
Maçka-İstanbul
kahramanc@itu.edu.tr

Geliş Tarihi: 05 Mayıs 2008, *Kabul Tarihi:* 29 Temmuz 2008

ÖZET

Teknik sistemlerin verimliliği, güvenilirliği ve ekonomik ömrü gibi kritik parametreler bakım-onarım faaliyetlerinin etkinliği ile doğrudan ilişkilidir. Pratikte bu süreç; işletilen sistemin karakteristik özellikleri doğrultusunda, Toplam Üretken Bakım, Periyodik Bakım, Önleyici Bakım, Kestirimci Bakım, Arıza Bakım ve Güvenilirlik Merkezli Bakım gibi yaklaşımlarından uygun olanın seçilmesi ile oluşturulan bakım-onarım prosedürleri çerçevesinde yürütülmektedir. Ancak, teknolojik gelişmelerin katkısı nedeni ile artan sistem karmaşıklığı daha ileri bakım-onarım tekniklerinin uygulanmasını gerektirmektedir. Bu çalışmada, Bulanık Bilgi Aksiyomu yöntemi kullanılarak gemi makine dairesindeki farklı nitelikteki sistemler için karakteristik ve fonksiyonel özellikleri doğrultusunda entegre bakım-onarım yönetimi gereksinimi ortaya konulacaktır. Uygulanan karar modeli çıktıları kullanılarak, mevcut durumda planlı bakım sistemi uygulanan ticari gemiler için genişletilmiş ve daha etkin bir bakım-onarım yönetimi sistematiği oluşturulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Entegre Bakım-Onarım Yönetimi; Gemi Sistemleri; Bulanık Kümeler, Aksiyomlarla Tasarım, Bilgi Aksiyomu.

ANALYZING THE NEEDS OF INTEGRATED MAINTENANCE MANAGEMENT FOR SHIPBOARD SYSTEMS

ABSTRACT

Effectiveness of maintenance management is directly related to critical parameters of technical systems such as efficiency, reliability, and economic life. In practice, this process is executed via procedures on selected adequate maintenance method among which the alternatives such as Total Productive Maintenance, Planned Maintenance, Preventive Maintenance, Predictive Maintenance, Reactive Maintenance, or Reliability Centered Maintenance. However, increasing system complexity due to the contributions of technological developments requires implementing more advance maintenance planning techniques. In this study, an integrated maintenance management system is presented based on Fuzzy Information Axioms methodology for shipboard systems under various characteristics and functional attributes. An extended and more effective maintenance management systematic is developed for merchant ships using applied decision model outcomes.

Keywords: Integrated Maintenance Management; Shipboard Systems; Fuzzy Set Theory, Axiomatic Design, Information Axiom.

1. GİRİŞ

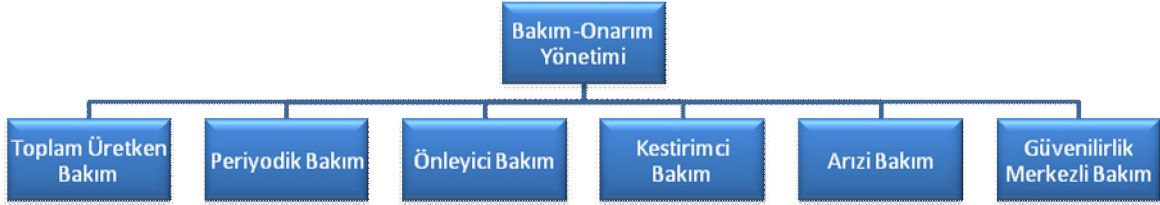
Bakım- Onarım günlük yaşantımızda kullandığımız en basit araç/gereçlerden üretimde kullanılan karmaşık ve çok fonksiyonlu makinelere kadar çeşitli teçhizatın hizmet süresince gerek duyduğu bir işlemdir. Bakım-

Onarım yönetimi işletmeye ait tesislerin, makinelerin, diğer araç ve gereçlerin belirli zamanlardaki bakımlarının ve beklenmedik zamanlarda ortaya çıkan arızalarının giderilmesi için yürütülen aktivitelerin, düzenli bir şekilde planlanmasını, gerçekleştirilmesini

* Sorumlu Yazar

ve kayıt altına alınmasını sağlayan uygulamalar bütünü olarak tanımlanır. Makine ve teçhizatlardan beklenen işlevleri yerine getirebilmesi, başka bir deyişle belirlenen yaşam ömürleri boyunca istenen şekilde hizmet verebilmeleri için uygulanan çeşitli bakım onarım yöntemleri vardır. Bakım yöntemlerinin ortak amaçları; (1) Üretim maliyetlerini düşürmek, (2)

Ürün kalitesine katkıda bulunmak, (3) Tesis/donanım ömrünü arttırmak ve (4) Üretimin sürekliliğini korumaktır. Bunlar; Toplam Üretken Bakım, Periyodik Bakım, Önleyici Bakım, Kestirimci Bakım, Arızı Bakım ve Güvenilirlik Merkezli Bakımdır (Şekil 1).



Şekil 1. Bakım-Onarım yöntemleri

Toplam Üretken Bakım operatörün rutin bakım işlemlerini üstlenmesi mantığına dayalı olan bakım türüdür. Bu yöntemde her çalışanın bakımıyla üstlendiği donanımlar vardır ve söz konusu donanımlar ilgili kişilerden sorulur. Yöntemin üstün yanları; ürün kalitesini arttırması, esnek üretim imkânı sağlaması ve bakım maliyetini düşürmesi şeklinde sıralanabilir. Yöntemi zayıf yönü ise çok yönlü yetişmiş elemana ihtiyaç duymasındır

Periyodik Bakım, önceden belirlenmiş zaman diliminde donanım bakımının yapılması işlemidir. Bir donanımın belirlenen takvim süresine ya da kullanım ömrüne göre periyodik bakımı söz konusudur. Bu yöntemde, donanım ömrünün artması ve hatanın ortaya çıkışının gecikmesi yöntemin üstün yanlarını oluşturur. Bazı donanımların gereksiz kontrolü maliyet artışına ve zaman kaybına neden olması açısından yöntemin zayıf yönlerini oluşturmaktadır.

Önleyici Bakım Onarım belirli bir zamanda makine çalışırken, donanımın bozulma belirtileri gösterdiği, arızaya ilişkin ipuçları olduğunda ya da donanımın faydalı ömrünün sonuna yaklaştığında uygulanan bakım yöntemidir. Yöntemin üstün yanları; donanımın faydalı ömründe artış sağlaması, donanım ya da süreç bozukluklarını en küçüklemesi, enerji tasarrufu sağlaması ve toplam bakım faaliyetleri içerisinde yaklaşık olarak %12-18 civarında iyileştirme sağlamasıdır. Yöntemin zayıf yönleri ise; büyük arıza riskini önlemede etkisiz kalması, yoğun emek gerektirmesi ve gereksiz bakım performansı gerektirmesidir.

Kestirimci bakım, kullanılan teşhis araçları yardımıyla sistemin şimdiki ve gelecek zamandaki fiziksel durumu hakkında bilgi edinilerek alınan önlemlerdir. Yöntemin üstün yanları; parça ya da makine ömrü arttırması, donanım ya da sürecin istem dışı çalışmama zamanını azaltması, parça bakımı ve işçilik maliyetini azaltması, ürün kalitesini iyileştirmesi,

çalışan ve çevre güvenliğini iyileştirmesi, enerji tasarrufu sağlaması ve toplam bakım maliyetlerini yaklaşık olarak %8-12 azaltmasıdır. Yöntemin zayıf yanları ise; teşhis için donanım maliyetinin olması, donanımı kullanacak eğitimli personel ihtiyacı, mali açıdan sağlanan karın yönetim tarafından fark edilmesinin zorluğudur.

Arızı Bakım, bozulana kadar kullanıma dayalı bir bakım onarım yöntemidir. Yöntemin üstün yanları; bakım-onarım maliyetinin düşük olması ve bakım-onarım için daha az elemana ihtiyaç duyulmasıdır. Yöntemin en belirgin zayıf yönleri; donanımların beklenmedik anlarda bozulmasından kaynaklanan maliyet artışı, işçilik maliyetinin artması (özellikle fazla mesainin söz konusu olduğu durumlarda), bozulan parçanın değişim ya da tamir maliyeti, bozulan donanımın sebebiyet verdiği ikincil ya da paralel donanımın bozulması ve etkin kullanılmayan iş gücüdür.

Güvenilirlik Merkezli Bakım Yöntemi süreçte yer alan tüm araçların aynı öneme sahip olmadığı ilkesine dayalıdır. Yöntemin üstün yanları şunlardır: Gereksiz kontrol ve bakım faaliyetleri elenir böylece bakım maliyeti düşer, kontrol sıklığı azaltılır, beklenmedik takım/donanım bozulmaları azdır, kritik donanımlar üzerine yoğunlaşmayı gerektirir, donanım güvenilirliği artar ve kök neden analizi yapılabilir. İlk yatırım, eğitimli eleman ve donanım maliyetinin varlığı, yöntemin sağlayacağı mali kar yönetim tarafından kolaylıkla fark edilememesi yöntemin zayıf yönleridir.

Burada belirtilen Bakım Onarım Faaliyetlerinden hangisinin işletmemiz için uygun olacağına karar verme, işletmelerin karşılaştıkları bir problemdir. Literatürde bu tür problemler çeşitli uygulama alanlarında ele alınmıştır [2-8]. Bakım yönetimlerinin her biri işletmeye mali açıdan farklı kazançlar sağlamaktadır. Fakat işletme için en uygun bakım

yönetiminin seçimi, işletmenin mali karını arttıracaktır.

Bu çalışmada, karmaşıklık derecesi yüksek teknik sistemler arasında yer alan gemiler için uygun bakım-onarım sürecinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Genel olarak, gemilerde bakım-onarım süreçleri periyodik (planlı) bakım yöntemi üzerinde yürütülmektedir. Ancak, bu yöntem gemi bünyesindeki her sistem için gereksinimleri yeterli seviyede karşılamamaktadır. Öte yandan, bakım-onarım faaliyetlerinden yetersizliğinden kaynaklanan gemi kazaları neticesinde insan kaybı, çevre kirliliği, ekonomik kayıplar gibi ikincil zararlar meydana emektedir. Gemilerde bakım-onarım faaliyetleri ile ilgili diğer önemli bir husus da zaman kısıtıdır. Gemiler için bakım-onarım yapılacak sürecin geminin pozisyonuna bağlı olarak, belirli bir zaman dilimi ile sınırlanması beklenir. Dolayısı ile sürecin etkin yürütülme beklentisi ortaya çıkmaktadır. Tüm bu sorunlar göz önünde bulundurulduğunda, entegre bakım-onarım yönetimi sistematığı oluşturularak aşılabilir. İlerleyen bölümlerde önerilen tasarım yaklaşımı ile periyodik bakım-onarımın yetersiz olduğu durumlar için entegre bakım-onarım yöntemi geliştirilmesi hedeflenmiştir.

2. BULANIK MANTIK

Bulanık Mantık Teorisi ilk kez 1965 yılında Zadeh tarafından belirsizlik içeren problemlerin çözümü için ortaya atılmıştır [9]. Bulanık mantıkta değerler üyelik fonksiyonlarıyla ifade edilmektedir. Eğer $A \in (-\infty, +\infty)$ 'da, herhangi bir kümenin bir elemanı ise $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu $R \rightarrow [0,1]$ aralığında oluşur. Diğer bir deyişle; A kümesi $A = [a_l, a_u]$ aralığında ise genel olarak $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu 1 numaralı eşitlikle gösterilebilir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_l \text{ veya } x > a_u \\ 1, & a_l \leq x \leq a_u \end{cases} \quad (1)$$

Üyelik fonksiyonları genellikle, üçgensel üyelik fonksiyonları ve yamuk üyelik fonksiyonları olmak üzere iki başlık altında incelenmektedir. $\mu_A(x)$ üçgensel üyelik fonksiyonu, 2 numaralı eşitlikle tanımlanmıştır

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_l \\ \frac{x - a_l}{a_m - a_l}, & a_l \leq x \leq a_m \\ \frac{a_u - x}{a_u - a_m}, & a_m \leq x \leq a_u \\ 0, & x > a_u \end{cases} \quad (2)$$

eşitliğe göre üçgensel bulanık sayı $\tilde{A} = (a_l, a_m, a_u)$ olmalıdır. Burada sırasıyla a_l a_m a_u normal, orta ve üst üyelik olarak tanımlanabilir.

3. ÖNERİLEN YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan yöntem iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada ölçüt ağırlıkları Buckley (1985) [10] tarafından geliştirilen *Analitik Hiyerarşik Süreç (AHP)* metoduyla belirlenerek ikinci aşamada *Bulanık Aksiyomlarla Tasarım* yöntemiyle uygun bakım stratejileri belirlenecektir.

3.1. Buckley'in AHP Metodu

Yöntemin temeli Saaty (1980) [11] tarafından geliştirilen AHP de olduğu gibi ikili karşılaştırmalar üzerine kuruludur. Buckley Saaty'nin metodunu bulanık ortamlarda seçim işlevini gerçekleştirebilmek amacıyla geliştirmiştir. Buckley'in yaklaşımında bulanık ortamda elde edilen ağırlıklar ve performans belirlenirken geometrik ortalama metodu kullanılır. Yöntem şu şekilde özetlenebilir [12, 13].

$$\tilde{C} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{c}_{12} & \dots & \tilde{c}_{1n} \\ \tilde{c}_{21} & 1 & \dots & \tilde{c}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{c}_{m1} & \tilde{c}_{m2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

burada \tilde{C} ikili karşılaştırmalar matrisidir.

$$\tilde{c}_{ij} = \begin{cases} i > j, & (1,1,3), (1,3,5), (3,5,7), (5,7,9), (7,9,9) \\ i = j, & 1 \\ i < j, & (1,1,3)^{-1}, (1,3,5)^{-1}, (3,5,7)^{-1}, (5,7,9)^{-1}, (7,9,9)^{-1} \end{cases} \quad (4)$$

Burada kullanılan dilsel skala Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Ağırlıkların belirlenmesi için dilsel skala [13]

Dilsel Değer	Sembol	Bulanık Sayı
Eşit Önemli	○	(1,1,3)
Zayıf Önemli	□	(1,3,5)
Önemli	◇	(3,5,7)
Çok Önemli	■	(5,7,9)
Oldukça Çok Önemli	■	(7,9,9)

Bulanık ağırlıklar şu şekilde hesaplanır:

$$\tilde{r}_i = (\tilde{c}_{i1} \otimes \tilde{c}_{i2} \otimes \dots \otimes \tilde{c}_{in})^{1/n} \quad (5)$$

$$\tilde{w}_i = \tilde{r}_i \otimes (\tilde{r}_1 + \tilde{r}_2 + \dots + \tilde{r}_n)^{-1} \quad (6)$$

burada \tilde{c}_{in} i . kriterin n . kriterle kıyaslanması sonucu atanan dilsel değerlendirme, \tilde{r}_i i . ölçütün tüm ölçütlerle kıyaslanması sonu hesaplanan geometrik ortalama değeridir.

3.2. Aksiyomlarla Tasarım (Axiomatic Design)

Aksiyomlarla Tasarım (AT) yöntemi, tasarım sürecini bilimsel bir temele oturtmak amacıyla Nam Pyo Suh tarafından geliştirilmiş bir yöntemdir. Geliştirilen yöntem, tasarımcıyı mantıklı ve akıllı düşünme süreçleri ile destekleyerek tasarım faaliyetlerinin geliştirilmesini sağlar. Metodun temelinde “*NEYİ elde edeceğiz? - NASIL elde edeceğiz?*” soruları vardır. Yöntem, tasarımda istenilmeyen özellikleri mümkün olduğu kadar erken yok etmesini, hedeflenen amaca odaklanılmasını, tasarımların kararlarının verilmesinde kullanılan ölçütlerin belirlenmesini sağlar [14,15].

Aksiyomlarla tasarım yöntemi, sistemlerin, organizasyonların ve ürünlerin tasarımı için bir esas oluşturmayı hedefler. Bu hedef deneysel ve sezgisel yaklaşımlar ile oluşturulan geleneksel tasarım sürecinden önemli bir farktır. Bilimsel kurallar olmadan tasarım sahası hiçbir zaman sistematik hale getirilemez. Sistematik yaklaşım, tasarımların anlaşılması, kodlanması, öğrenilmesi ve uygulamaya geçirilmesinde kolaylaştırıcı bir etkiye sahiptir.

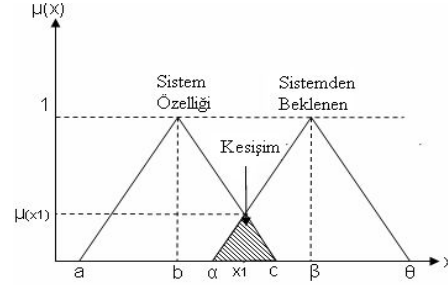
Aksiyomlarla tasarımın iki aksiyomu vardır; ilk aksiyomu *bağımsızlık aksiyomu* olarak adlandırılır. Bağımsızlık aksiyomuna göre 3 tür tasarım vardır. Bunlar ayırık (uncoupled), ayrılmış (decoupled) ve bağlı tasarım (decoupled) olarak adlandırılır. Sözü geçen tasarımlar, fonksiyonel gereksinimlerle tasarım parametresi arasındaki ilişkinin türüne göre tanımlanır. Aksiyomlarla tasarım yönteminde, fonksiyonel gereksinimlerle tasarım parametreleri arasındaki ilişki 1 numaralı eşitlikle tanımlanmaktadır.

$$FR = A\{DP\}, \quad A = [a_{ij}]_{m \times n} \quad (7)$$

İkinci aksiyom, tasarım için uygun alternatifler (bağımsızlık aksiyomunu sağlayan alternatifler) arasından en uygun alternatifin seçilmesi işleminde kullanılan Bilgi Aksiyomudur. Bilgi aksiyomunda tasarımların bilgi içeriği dikkate alınır ve en az bilgi içeriğine sahip alternatif en iyi tasarım olarak belirlenir. Bilgi içeriği 2 numaralı eşitlikte verilmektedir.

$$I_i = \log_2 \left(\frac{A_s}{A_c} \right) \quad (8)$$

Burada I bilgi aksiyomunu, A_s sistem alanı A_c kesişim alanını göstermektedir. Sistem alanı, sistemin sahip olduğu özelliği, kesişim alanı ise sistemin sahip olduğu özelliklerin sistemden bekleneni ne oranda sağladığını göstermektedir. Bazı problemlerde, alternatiflerin sayısal olarak değerlendirilmesi zor olabilmektedir. Bu nedenle, Kulak ve Kahraman [16] bilgi aksiyomunu bulanık ortamlarda kullanılabilir hale getirmek amacıyla geliştirmişlerdir. Şekil 2’de üçgensel bulanık sayılara ait sistem alanı ve kesişim alanı tanımları yapılmıştır.



Şekil 2. Bilgi aksiyomu hesabı

Çalışmamızda, sistem özellikleri uzmanlar tarafından dilsel olarak değerlendirilir ve Tablo 2 yardımıyla bulanık üçgensel sayılara dönüştürülür. Sistem beklentileri için de dilsel bir değer kullanılabilir. Çalışmamızda sistem beklentileri için ideal fonksiyonel gereksinim (IFR) değerleri kullanılacaktır. Bu değerler maliyet kriterleri için (0,0,10), kazanç kriterleri için (0,10,10) şeklinde bulanık üçgensel sayılar olarak belirlenmiştir [17].

Tablo 2. Sistem değerlendirmeleri için dilsel skala

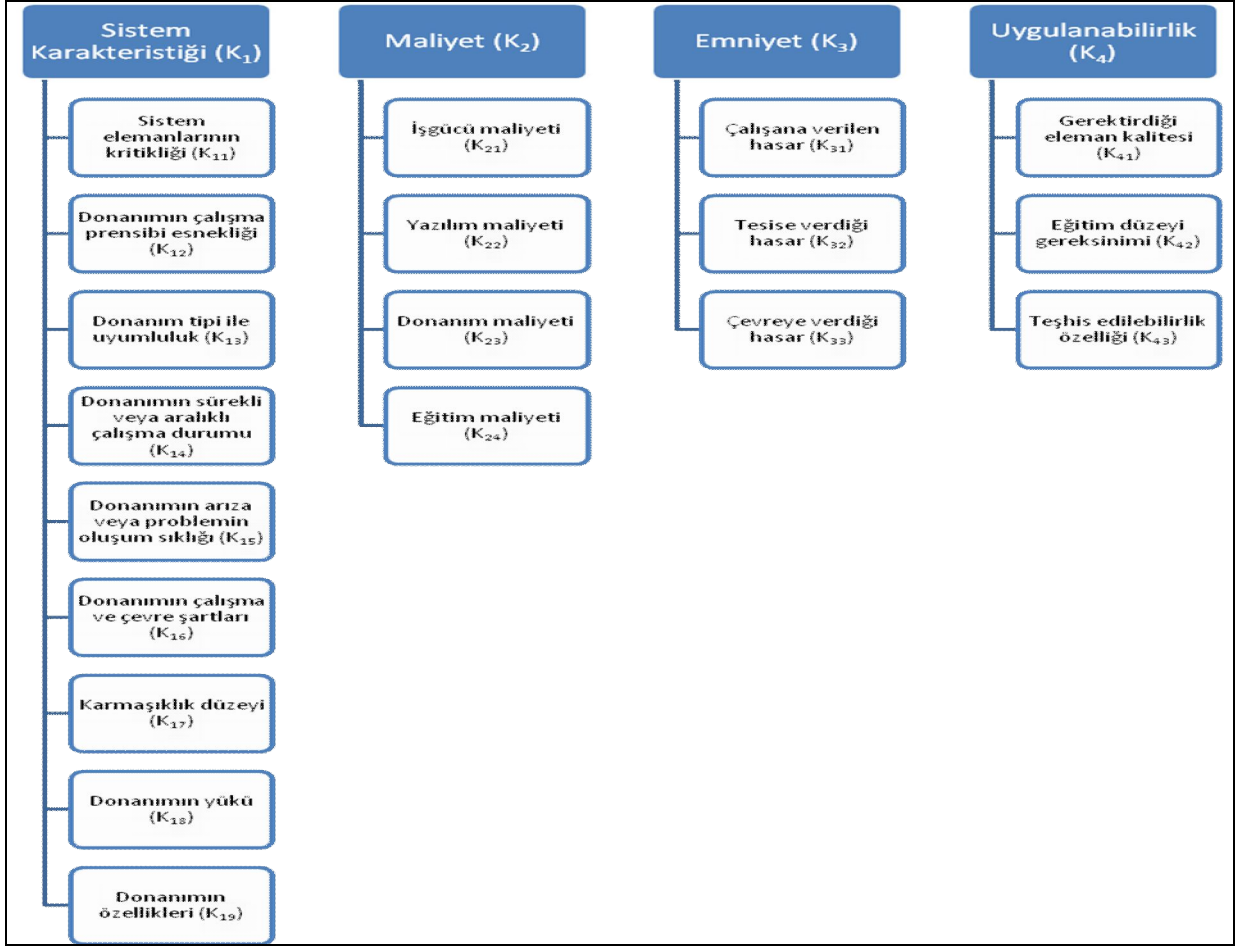
Dilsel Değerler	Sembol	Bulanık Sayı
Zayıf	○	(0,0,3)
Vasat	□	(0,2,5,5)
İyi	◇	(3,5,7)
Çok iyi	■	(5,7,10)
Mükemmel	■	(7,7,10)

Literatürde seçim amaçlı bulanık aksiyomlarla tasarım yöntemi çeşitli problemlere uygulanmış ve uygulamalarının sayısı da giderek artmaktadır [18-22].

4. GEMİLER İÇİN ENTEGRE BAKIM ONARIM YÖNETİMİ

Bu bölümde, literatür taraması ile belirlenen ölçütler ve alternatif bakım-onarım yöntemleri gemi sistemleri için ortaya konulan fonksiyonel gereksinimler çerçevesinde değerlendirilecektir. İşletme karar verme sürecinde dikkate alınması gerektiği ölçütler ve işletme için önemi farklılık gösterebilir. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda sunulan ölçütler dikkate alınarak oluşturulan ve gemi sistemlerinde bakım-onarım faaliyetleri kapsamında özelleştirilen ölçütlerin hiyerarşik ifadesi Şekil 3 de verilmiştir [2-8].

Bu çerçevede, örnek olarak gemi ana makine yakıt sistemi üzerine odaklanılmıştır. Ana makine yakıt sistemi gemi makine dairesinde yer alan ve sevk sisteminin idamesinde kritik fonksiyonlara sahip donanımlardan oluşmaktadır. Genel olarak; yakıt filtreleri, ısıtıcılar, besleme pompası, ana makine yakıt pompaları sistemin başlıca elemanları olarak sıralanabilir. Mevcut durumda, ilgili sistem için gemilerde periyodik bakım süreci çerçevesinde bakım-onarım faaliyetleri yürütülmektedir.



Şekil 3. Karar ölçütleri

Tablo 3. Temel karar ölçütleri için uzman yargıları

Temel ölçütler	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
K ₁	■	1/■	1/■	□
K ₂		■	○	◇
K ₃			■	■
K ₄				■

Tablo 4. Donanım kriteri için uzman yargıları

K ₁	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄	K ₁₅	K ₁₆	K ₁₇	K ₁₈	K ₁₉
K ₁₁	■	◇	◇	◇	1/◇	□	■	□	■
K ₁₂		■	○	◇	1/□	○	□	◇	○
K ₁₃			■	○	1/□	□	◇	○	○
K ₁₄				■	1/■	◇	1/■	1/■	□
K ₁₅					■	□	◇	■	■
K ₁₆						■	■	■	■
K ₁₇							○	○	
K ₁₈								◇	
K ₁₉									■

Tablo 5. Maliyet kriteri için uzman yargıları

	K ₂	K ₂₁	K ₂₂	K ₂₃	K ₂₄
K ₂₁		■	1/□	1/◇	1/◇
K ₂₂			■	■	1/□
K ₂₃				■	■
K ₂₄					■

Tablo 6. Emniyet kriteri için uzman yargıları

	K ₃	K ₃₁	K ₃₂	K ₃₃
K ₃₁		■	○	○
K ₃₂			■	○
K ₃₃				■

Tablo 7. Uygulanabilirlik ölçütleri için uzman yargıları

	K ₄	K ₄₁	K ₄₂	K ₄₃
K ₄₁		■	○	1/■
K ₄₂			■	1/◇
K ₄₃				■

Önerilen araştırma yöntemi çerçevesinde öncelikle karar ölçütleri için Bulanık AHP yöntemi ile ağırlıklar hesaplanacaktır. Tablo 3-7’de gemi sistemlerinde bakım-onarım gereksinimleri doğrultusunda, temel ve alt karar ölçütleri için uzman yargıları sunulmuştur. Elde edilen ağırlıklar bir sonraki adımda aksiyomlarla tasarım yöntemi kullanılarak oluşturulan analitik

değerlendirme sistematığı içerisinde kullanılacaktır. Tablo 8’de ana makine yakıt sistemi için ölçütler bazında belirlenen fonksiyonel gereksinimler doğrultusunda alternatif bakım-onarım yöntemleri karşılaştırılmıştır. Tablo 9’da alternatifler üzerine bilgi içeriği sonuçları verilmiştir.

Tablo 8. Ana makine yakıt sistemi için sistem ve tasarım aralıkları

	K ₁₁	K ₁₂	K ₁₃	K ₁₄	K ₁₅	K ₁₆	K ₁₇	K ₁₈	K ₁₉	K ₂₁	K ₂₂	K ₂₃	K ₂₄	K ₃₁	K ₃₂	K ₃₃	K ₄₁	K ₄₂	K ₄₃
Toplam Üretken Bakım	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊
Periyodik Bakım	◊	◊	◊	■	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊
Önleyici Bakım	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊
Kestirimci Bakım	■	■	◊	■	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊	◊
Arızı Bakım	◊	◊	◊	◊	■	◊	◊	◊	◊	■	◊	◊	◊	■	■	■	◊	◊	◊
Güvenilirlik Merkezli Bakım	■	◊	◊	■	◊	◊	■	◊	◊	◊	◊	◊	■	◊	◊	◊	◊	■	◊

◻ Kazanç ◼ Maliyet

Tablo 9. Alternatifler üzerine bilgi içeriği sonuçları

Bakım Yönetimi	ΣI
Toplam Üretken Bakım	6,03
Periyodik Bakım	1,66
Önleyici Bakım	1,34
Kestirimci Bakım	1,23
Arızı Bakım	13,76
Güvenilirlik Merkezli Bakım	9,28

Tablo 9 da görüldüğü gibi uzman değerlendirmelerine göre en iyi bakım onarım yöntemi Kestirimci Bakım çıkmıştır. Fakat hesaplanan Kestirimci Bakım, Önleyici Bakım ve Periyodik Bakım değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Bu durumda gemi ana makine yakıt sistemi için Periyodik Bakım merkezli olmak üzere, Önleyici ve Kestirimci bakımla birlikte entegre şekilde uygulanması gerekir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, sistem gereksinimleri doğrultusunda entegre bakım-onarım yönetimi tasarımı için bir yöntem geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bulanık ortamda AHP ve AT yöntemleri üzerine kurulan melez yaklaşım ile gemi sistemlerinin gereksinimleri doğrultusunda uygun bakım-onarım yöntemlerinin saptanması hedeflenmiştir. Çalışmamızda bakım onarım faaliyetlerinden uygun olanının seçimi için gerekli ölçütler literatür araştırması sonucu belirlenmiş ve gemi sistemlerine uyarlanmıştır. Belirlenen ölçütler gemi sistemleri için aynı öneme sahip olmayacağı düşüncesiyle ölçüt ağırlıkları AHS yöntemiyle

belirlenmiştir. Daha sonra bakım faaliyetleri, belirlenen ölçütler altında değerlendirilerek uygun bakım yönetiminin tayini için bulanık bilgi aksiyomu yönteminden faydalanılmıştır. Önerilen model, gemi ana makine yakıt sistemi için uygulanmış ve bu sistem için entegre bakım-onarım yönetimi gereksinimi ortaya çıkmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda ana makine yakıt sistemi için periyodik bakım prosedürünün, önleyici ve kestirimci bakım yaklaşımları ile desteklenmesi gerektiği ortaya çıkmıştır.

İşletmeye uygun bakım yönetimlerinin seçimi işletmeye mali açıdan kazançlar sağlar. Geliştirilen model bakım onarım çalışmasının gerektirdiği her tür işletme ve sanayiye kolayca uygulanabilir. Böylece önerilen yöntem, işletme için uygun bakım onarım yönetimi ya da entegre bakım onarım yönetimi belirlenmesinde yönetime yardımcı olarak işletmenin bakım maliyetlerini enküçüklemeye faydalı olur. Çalışma kapsamı tüm sistemleri kapsayacak şekilde geliştirilerek, Gemi Entegre Bakım Yönetimi (GEBY) kurulması ileri araştırma konusu olarak hedeflenmiştir.

6. KAYNAKLAR

- [1] Piotrowski, J. April 2, 2001. *Pro-Active Maintenance for Pumps, Archives, February 2001*, Pump-Zone.com [Report online]. http://www1.eere.energy.gov/femp/pdfs/OM_5.pdf
- [2] Saptarshi S. ve Ramanjaneyulu K. (basımda). Condition evaluation of existing reinforced concrete bridges using fuzzy based analytic hierarchy approach. *Expert Systems with Applications*.

- [3] Al-Najjar, B., Alyouf, I., Selecting the most efficient maintenance approach using fuzzy multiple criteria decision making International Journal of Production Economics, 84(1, 85-100), 2003.
- [4] Sanchez, A., Carlos, S., Martorell, S. ve Villanueva, J.F., Addressing imperfect maintenance modelling uncertainty in unavailability and cost based optimization, Reliability Engineering & System Safety, In Press, Corrected Proof, Available online 24 March 2007.
- [5] Bevilacqua M., Braglia B., The Analytic Hierarchy Process Applied to Maintenance Strategy Selection, Reliability Engineering and System Safety, 70(2) 71-83, 2000.
- [6] Davidson, G.G., Labib, A.W., Learning from Failures: Design Improvements Using a Multiple Criteria Decision Making Process, Journal of Aerospace Engineering, 217(G), 207-216, 2003.
- [7] Triantaphyllou, E., Kovalerchuk, B., Mann, L., Knapp, G., M., Determining The Most Important Criteria in Maintenance Decision Making, Journal of Quality in Maintenance Engineering, 3(1), 16-28, 1997.
- [8] Mete, M., ve Manisalı, M., Bakım Stratejilerinin Seçiminde Bulanık Çok Amaçlı Karar Verme Modeli, YA/EM-Yöneylem Araştırması/Endüstri Mühendisliği 27. Ulusal Kongresi, 2-4 Temmuz 2007, İzmir.
- [9] Zadeh, L.A., 1965. Fuzzy sets. Information and Control 8, 338-353.
- [10] Buckley, J.J., 1985. Fuzzy hierarchical analysis. Fuzzy Sets and Systems 17, 233-247
- [11] Saaty, T.L., 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill Inc.
- [12] Chen, S.J. & Hwang, C.L., Fuzzy Multi Attribute Decision Making: Methods and Applications. Springer-Verlag, New York, 1992.
- [13] Hsieh, T.Y., Lu, S.T., & Tzeng, G.T. Fuzzy MCDM approach for planning and design tenders selection in public office buildings. International Journal of Project Management, 22, 573-584, 2004.
- [14] Suh, N.P., The Principles Of Design. Oxford University Press, New York, 1990.
- [15] Suh, N.P., Axiomatic Design: Advances and Applications. Oxford University Press, New York, 2001.
- [16] Kulak, O. & Kahraman, C., "Multi-attribute comparison of advanced manufacturing systems using fuzzy vs. crisp axiomatic design approach". International Journal of Production Economics, 95, 415-424, 2005.
- [17] Çebi, S. ve Çelik, M., Denizcilik İşletmeleri Yönetimi MBA Programı Yapılandırılması İçin

Bulanık Aksiyomatik Tasarım Yönetimi Tabanlı Karar Destek Sistemi Önerisi, 2.Ulusal Sistem Mühendisliği Kongresi, 6-8 Şubat 2008, İstanbul.

[18] Kulak, O. ve Kahraman, C., "Fuzzy multi-attribute selection among transportation companies using axiomatic design and analytic hierarchy process", Information Sciences, 170, 191-210, 2005.

[19] Kulak, O., "A decision support system for fuzzy multi-attribute selection of material handling equipments", Expert Systems with Applications, 29(2), 310-319, 2005.

[20] Kulak, O., Durmuşoğlu, M.B., ve Kahraman, C., "Fuzzy multi-attribute equipment selection based on information axiom", Journal of Materials Processing Technology, 169, 337-345, 2005.

[21] Celik, M., Kahraman, C., Cebi, S., ve Er, I. D., (Basımda). "Fuzzy Axiomatic Design-Based Performance Evaluation Model for Docking Facilities in Shipbuilding Industry: The Case of Turkish Shipyards", Expert Systems with Applications,

[22] Çebi, S., ve Çelik, M., Denizcilik İşletmeleri Yönetimi Tezsiz Yüksek Lisans Programı Yapılandırılması İçin Bulanık Aksiyomlarla Tasarım Yöntemi Tabanlı Karar Destek Sistemi Önerisi, Sistem Mühendisliği Sempozyumu, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mayıs 2008, İstanbul

ÖZGEÇMİŞLER

Araştırma Görevlisi Selçuk ÇEBİ

1978 yılında Trabzon'da doğdu. Lise eğitimini Trabzon Fatih Lisesi'nde tamamladı. 1996 yılında Makine Mühendisliği bölümünü kazanarak 2000 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümü'nden bölüm üçüncüsü olarak mezun oldu. Aynı yıl K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Mühendisliği Bölümü Konstrüksiyon ve İmalat Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2002-2004 yılları arasında K.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümünde Araştırma görevlisi olarak çalıştı. Yüksek Lisans Eğitimini tamamladıktan sonra 2004 yılında KTÜ Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne araştırma görevlisi olarak atandıktan sonra 2005 yılında İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Bölümünde doktora eğitimine başladı. Halen görevine İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda misafir öğretim elemanı olarak devam etmektedir. Yabancı dili İngilizce olan Selçuk ÇEBİ evli ve bir çocuk babasıdır.

Araştırma Görevlisi Metin ÇELİK

1980 yılında Zonguldak'ta doğdu. 2002-2003 eğitim-öğretim yılında, İ.T.Ü. Denizcilik Fakültesi-Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği Bölümünü tamamladı. Türk deniz ticaret filosu gemilerinde bir süre Uzakyol Vardiya Mühendisi olarak hizmet verdikten sonra 23.03.2004 tarihinden itibaren İ.T.Ü. Denizcilik Fakültesinde Araştırma Görevlisi kadrosunda göreve başladı. 2003-2004 eğitim-öğretim yılı bahar döneminde kabul edildiği İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı Deniz Ulaştırma Mühendisliği yüksek lisans programından 2005-2006 eğitim öğretim yılı güz döneminde mezun olarak, Deniz Ulaştırma Mühendisliği doktora programına kabul edildi. Görev süresi içinde tesis/gemi sistemleri tasarım yazılımları ve denizcilikte güvenlik yönetimi konularında Finlandiya ve Japonya'da araştırma programlarına katıldı. 01.06.2008 tarihinden itibaren 6 ay süre ile Misafir Araştırmacı olarak davet edildiği, "Liverpool John Moores University (LJMU) - Marine, Offshore and Transport Research Group of School of Engineering" bölümünde gemi işletmeciliği karar süreçlerinin modellenmesi ve entegre yönetim sistemi tasarımı konularında doktora tezi araştırmalarını sürdürmektedir.

Prof. Dr. Cengiz KAHRAMAN

1965 Yılında İstanbul'da doğdu. İlköğrenimini Ankara, Balıkesir ve Samsun'da tamamladı. Kuleli Askeri Lisesi'nden 1983 yılında mezun oldu. 1983-1984 öğrenim yılında Trakya Üniversitesi Tıp

Fakültesi'ne devam etti. İ.T.Ü. Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden 1988 yılında mezun oldu (1984-1988). Aynı yıl araştırma görevlisi olarak bu bölümde çalışmaya başladı. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nde 1990 yılında yüksek lisans; 1996 yılında doktora programlarını bitirdi. Aynı yıl yardımcı doçent kadrosuna atandı. 1997 yılında doçent unvanı aldı. 2003 Temmuz ayında Profesör kadrosuna atandı. Askerlik görevini Hava Harp Okulu'nda öğretim görevlisi olarak yapan Kahraman'ın ulusal ve uluslararası olmak üzere 150 civarında yayını vardır. Kahraman evli ve iki çocuk sahibidir. International Journal of Computational Intelligence Systems, New Mathematics and Natural Computation (World Scientific), Journal of Enterprise Information Management (Journal of Logistics Information Management), İTÜ Dergisi Mühendislik Serisi (D) ve Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi'nin düzenleme ve hakem kurullarında bulunmaktadır. Kahraman, uluslararası ve ulusal konferanslarda bilimsel komite üyelikleri ve oturum başkanlıkları yapmıştır. EJOR, FSS, IJPE, C&IE, INS, OMEGA, LIM gibi birçok uluslararası dergide hakemlik yapmaktadır. Kahraman, International Journal of Logistics Information Management, Journal of Enterprise Information Management, Information Sciences ve International Journal of Approximate Reasoning, Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing dergilerinin misafir editörlüğünü ve Springer Verlag ve Kluwer kitapları editörlüğü yapmaktadır. Kahraman, 2004 Ocak ayından itibaren İşletme Fakültesi Dekan Yardımcılığı yapmaktadır.