

## Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ile Uygun Altı Sigma Metodolojisinin Seçimi

Yrd. Doç. Dr. Çiğdem SOFYALIOĞLU

Celal Bayar Üniversitesi, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, MANİSA

### ÖZET

Altı Sigma süreç değişkenliğini ortadan kaldırmaya çalışan, istatistiksel araç ve teknikleri kullanarak işletme süreçlerinde israfı azaltmayı hedefleyen, sürekli iyileştirme yaklaşımına dayalı bir işletme stratejisi olarak değerlendirilir. Çalışmada ilk olarak Altı Sigma İyileştirme Modeli ile Altı Sigma İçin Tasarımın (Design For Six Sigma) farklılıkları ortaya konmaya çalışılacak ve daha sonra işletmenin hedeflerini gerçekleştirmede hangi metodolojinin seçilmesi gerektiği çok kriterli karar verme tekniklerinden bulanık AHS kullanılarak belirlenmeye çalışılacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** Bulanık AHP, Altı Sigma İyileştirme Modeli, Altı Sigma için Tasarım

**JEL Sınıflaması:** C02, D81, O22

### The Selection of Appropriate Six Sigma Methodology by Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process

### ABSTRACT

Six sigma is considered as a business strategy that depends on the continuous improvement approach that tries to eliminate the process variability and aims to decrease the scrap in business processes by using statistical tools and techniques. In this study, first the differences between Six Sigma Improvement Model and Design for Six Sigma will be given and then the proper methodology for the business in order to achieve its goals will be determined by using fuzzy AHP which is one of the multicriteria decision making techniques.

**Key Words:** Six Sigma Improvement Model, Design for Six Sigma, Fuzzy Analytical Hierarchy Model

**JEL Classification:** C02, D81, O22

### GİRİŞ

Altı Sigma güçlü bir yönetim stratejisi olarak her milyon faaliyette 3.4 hata olasılığını gerçekleştirmeye çalışan bir anlayıştan, ilk tasarım aşamasında kalitenin ürün ve hizmet içerisine dahil edilmesini sağlayan geniş kapsamlı bir yaklaşıma dönüşmüştür. Bu kapsamda Altı Sigma karlılığı arttırmak, israfı ortadan kaldırmak, kalite maliyetlerini azaltmak ve müşterilerin ihtiyaç ve beklentilerini karşılayan ve hatta aşan tüm operasyonel süreçlerin etkinliğini ve etkililiğini arttırmak için kullanılan bir işletme stratejisi olarak tanımlanabilir. Bu yaklaşımı benimseyen firmalar, yüksek kaliteli ürün ve hizmetler sağlayarak karlarını arttırmak suretiyle hissedarlarının gelirlerindeki artışa odaklandıklarını iddia ederler. Dünya çapındaki bir çok organizasyon (imalat firmaları, hizmet firmaları, KOBİ'ler vb. ) Altı Sigmayı uygulamış ve pazar paylarında, müşteri memnuniyetinde, ürün güvenilirliğinde ve hizmet kalitesinde etkili finansal tasarruflarla birlikte önemli ilerlemeler kaydetmişlerdir (Harry ve Schroeder, 2000, 10).

Altı Sigmanın geçmişteki kalite yönetim ve iyileştirme stratejilerinde vurgulanmayan dört temel özelliği bulunmaktadır (Antony, 2007; 17):

- Finansal dönemlerde karlılık sonuçlarına odaklanmak Altı Sigmada önemli bir yer tutar. Hiç bir Altı Sigma projesi, projenin yatırım getirisi açık bir biçimde tanımlanmaksızın ve ekip tarafından anlaşılmaksızın kabul edilmez. Bu konudaki literatür Altı Sigma projelerinin başarılı olabilmesi için anahtar faktörün projelerin önceliklendirilmesi ve seçilmesi olduğunu ileri sürmektedir. Buna ek olarak potansiyel iyileştirme alanları kıt kaynaklar için rekabet ettiklerinden, organizasyonlar projelerini işletme amaç ve hedeflerine yaptıkları katkıya göre seçmelidirler (Ingle ve Roe, 2001; 277).

- Altı Sigma, iyileştirmenin iki önemli faktörü olan insan (takım çalışması, kültür değişimi, motivasyon, müşteri odaklılık vb.) ve süreçle (süreç kontrol, süreç izleme, süreç iyileştirme vb.) bütünleştiğinde çok başarılı olmaktadır.

- Altı sigmanın üçüncü anahtar karakteristiği güçlü bir problem çözme çerçevesi içinde istatistiksel ve istatistiksel olmayan araçların kullanılmasıdır.

- Dördüncü özellik ise projelerin uygulanabilmesi için güçlü bir takım alt yapısının oluşturulmasıdır ki bunun Altı Sigma uygulaması için bir zorunluluk da olduğu söylenebilir. (Uzman Kara Kuşak, Kara Kuşak, Yeşil Kuşak ve Beyaz Kuşak).

Altı Sigmanın gelişiminde üç dönem karşımıza çıkmaktadır. Altı Sigmanın ilk dönemi (1987-1994) 8 yıllık bir periyot boyunca devam etmiş ve hataların azaltılmasına odaklanmıştır. Motorola ilk dönem Altı Sigmanın en başarılı örneklerinden biridir. Bu yıllarda Motorola imalat hatalarını azaltacak kalite çabalarına odaklanmıştır. Altı Sigma terminolojisinde **hata**; karlılık, nakit akışı ve müşteri istek ve beklentilerinin karşılanmasıyla çatışan bir faktördür. Bu durum Altı Sigmada önemli bir yeri olan yeni bir kavramı ortaya çıkarmıştır: Kritik Kalite Parametreleri. Altı Sigma Kritik Kalite Parametrelerini (KKP) “müşteri için en kritik olanlar” biçiminde tanımlamakta ve bu parametreleri iyileştirmeyi hedeflemektedir. Çünkü araştırmalar bu parametreleri sağlamadaki başarısızlık ile müşteri kaybı ve karlılığın azalması arasında yüksek bir korelasyon olduğunu kanıtlamıştır (Drake, vd., 2008; 33). İkinci dönem ise 1994–2000 yılları arasındaki periyoda yayılmış ve maliyetleri azaltmaya odaklanmıştır. Üçüncü dönemin odağı ise işletmenin müşteriye ve kendisine değer yaratmasıdır (Posco, Samsung vb. firmalar). Bu süreç içerisinde değişen hedeflere uygun olarak Altı Sigma içerisinde farklı metodolojiler ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda en sıklıkla karşımıza çıkan metodolojiler; Altı Sigma İyileştirme Modeli ve Altı Sigma için Tasarımdır.

Altı Sigma felsefesinin hedefleri literatürde çok geniş bir kapsamda değerlendirilse de bunları temelde 4 ana grup altında toplayabiliriz (Banuelas ve Antony, 2003;339). Bunlar;

- Finansal kar maksimizasyonu
- Süreç kapasitesi maksimizasyonu
- Müşteri memnuniyeti maksimizasyonu

- Risk minimizasyonudur.

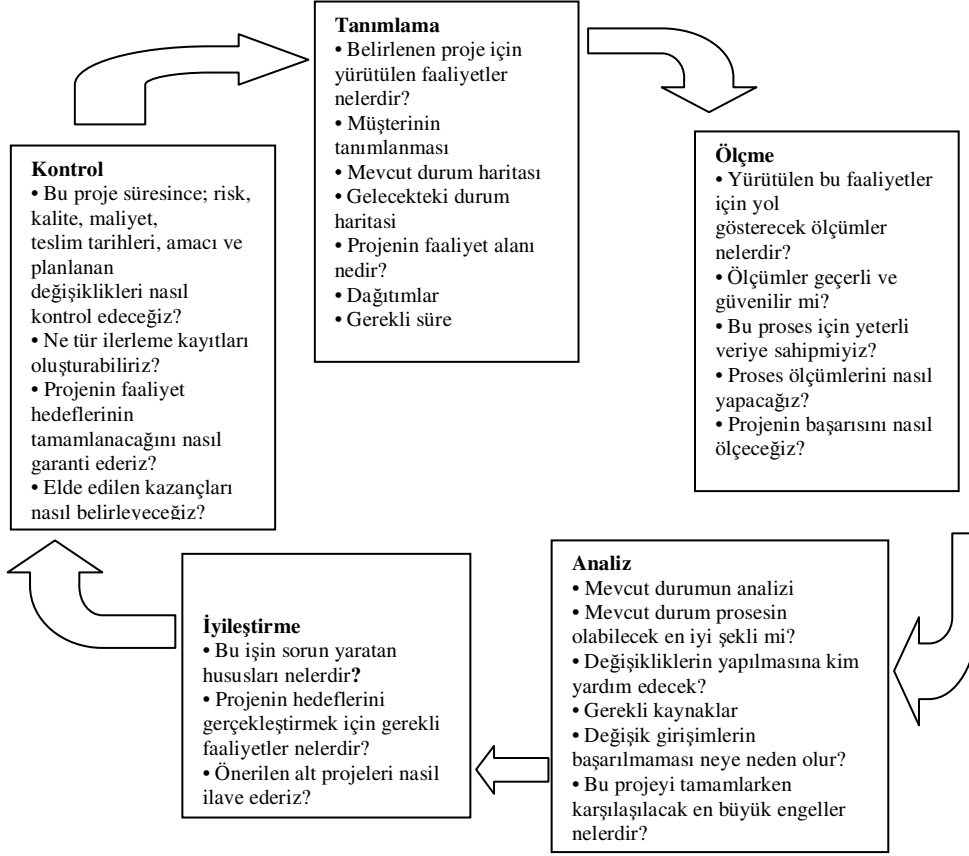
Bu felsefe Altı Sigma İyileştirme veya Altı Sigma İçin Tasarım metodolojilerini kullanmak suretiyle yukarıdaki sayılan hedefleri en uygun biçimde gerçekleştirme potansiyeline sahiptir.

Bu çalışmanın iki amacı bulunmaktadır. İlk olarak ele aldığımız bu iki metodoloji arasındaki farklılıklara değinilecek ve amaca uygun metodolojinin seçiminde çok kriterli karar verme tekniklerinin önemi ortaya konmaya çalışılacaktır. İkinci olarak ise Banuelas ve Antony (2003)'nin ortaya koymuş olduğu temel seçim kriterlerinden yararlanarak, Altı Sigma'yı uygulayan bir işletmenin, ele aldığı bir proje üzerinde çalışırken hangi metodolojinin daha uygun olduğuna, yapılan bir uygulama kapsamında karar vermeye çalışılacaktır. Uygun Altı Sigma metodolojisinin seçimi için, çok kriterli karar verme tekniklerinden "Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci" kullanılmıştır. Bu teknik kararlara etki eden kriter veya faktörlere dayanarak Altı Sigma metodolojilerini önceliklendirme kapasitesine sahiptir.

### **I. ALTI SİGMA İYİLEŞTİRME VE ALTI SİGMA İÇİN TASARIM METODOLOJİLERİ ARASINDAKİ FARKLILIKLAR**

İşletmeler Altı Sigma İyileştirme ya da Altı Sigma için Tasarım Metodolojilerini kullanarak süreçlerde ve ürünlerdeki değişkenliği azaltma potansiyeline sahiptir. Bu iki yaklaşım çeşitli biçimlerde birbirinden farklılık gösterir.

Altı Sigma İyileştirme metodolojisi, mevcut süreçlerdeki problemleri bulmayı ve çözmeyi içerdiğinden reaktif bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım süreçte var olan problemlerin temel nedenlerinin tanımlanmasını ve istenen sonuçlara ulaşabilmek için en uygun kalite kontrol parametrelerinin seçilmesini amaçlamaktadır. Diğer amaçları da verimliliğin, karlılığın, kalitenin ve harcanan zamanın iyileştirilmesidir. Bu amaçları gerçekleştirmek için TÖAİK (Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme ve Kontrol) Döngüsünü kullanılır. Şekil 1, bir Altı Sigma projesi üzerinde TÖAİK Döngüsünün kullanımını göstermektedir. Bu Döngü, işletmelere rakiplerine nasıl meydan okuyacaklarını ve problemleri nasıl teşhis etmeleri gerektiğini, performanslarını nasıl değiştireceklerini anlamalarına yardım edecek bir yol haritası olarak hizmet eder (Durakbaşa, vd, [www.qfdturkiye.org](http://www.qfdturkiye.org), 13.07.09).



**Şekil-1: Bir Altı Sigma Projesinde TÖAİK'in (Tanımlama, Ölçme, Analiz, İyileştirme, Kontrol) Uygulanması**

**Kaynak:** Durakbaşı, vd, [www.qfdturkiye.org](http://www.qfdturkiye.org), 13.07.09.

TÖAİK uygulamasında, Altı-Sigma takımları var olan süreçlerde değişkenliklerin nedenlerini minimize etmek suretiyle, sabit bir şekilde artan iyileştirmeleri gerçekleştirme eğilimindedir. Sürekli iyileştirme yaklaşımı düzenli ve sürekli artan biçimdeki değişiklikleri kolaylaştırır. Altı sigma iyileştirme projeleri var olan süreçlerin çerçevesi içinde çalışmaktadır. Amaç firmanın her zaman yaptığı şeyleri etkin ve çok dikkatli bir biçimde yapmaktır. Bu projeler günümüz perspektifinden geliştirilir ve geliştirme ve tasarım aşamaları boyunca ortaya konulan hipotezlerle sınırlandırılır. Genellikle iyileştirme projeleri aşağıdaki varsayımları kabul eder (Nave, 2002;73);

\* Ürün veya hizmet tasarımı doğru ve çoğu zaman ekonomiktir.

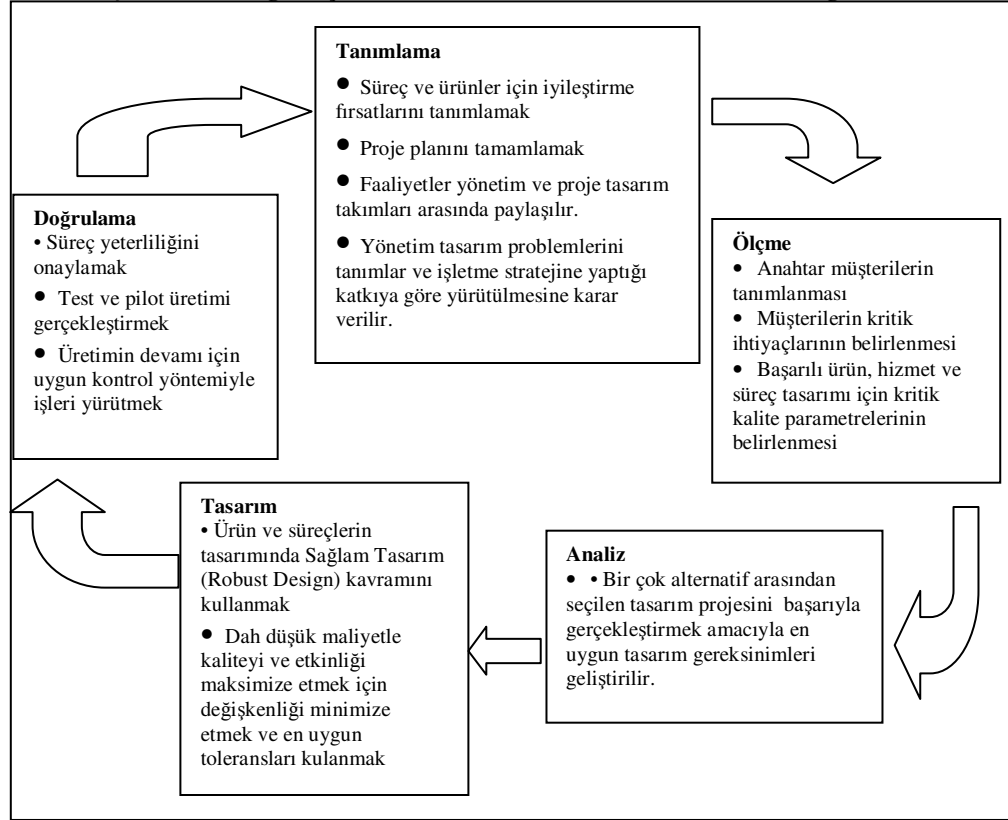
\* Müşteri ihtiyaçları tasarımla karşılanır.

\* Mevcut ürün/süreçlerin tasarımı pazarın ve müşterilerin fonksiyonel gereksinimlerini karşılar.

Altı Sigma için Tasarım, altı sigma kalite düzeyine ulaşma kapasitesine sahip süreçleri tasarlamayı gerektirdiğinden proaktif bir kalite yaklaşımıdır. İyileştirme yaklaşımında sürekli biçimde artan iyileştirmelerin aksine Altı Sigma için Tasarım Metodolojisi (DFSS), var olan süreçleri terk ederek bunları yenileriyle radikal biçimde değiştirme eğilimindedir. Bu yüzden tasarım yaklaşımı sadece süreçlerin etkinliğini değil aynı zamanda etkililiğini de geliştirebilir. General Electric (GE), Altı Sigma için Tasarım Modelini uygulamada ve geliştirmede ilk olduğunu iddia etmektedir (Banuelas ve Antony,2003; 335).

Altı Sigma için Tasarım Modeli tanımlama, ölçme, analiz, tasarım ve doğrulama adımlarından oluşan TÖATD Döngüsünü kullanır. Bu adımları Şekil 2’de olduğu gibi özetlemek mümkündür:

**Şekil- 2: Altı Sigma İçin Tasarım Modelinde Kullanılan TÖATD Döngüsü**



**Kaynak:** De Feo ve Bar-El, 2002;62, Chung, vd., 2008;597 'den yararlanarak düzenlenmiştir.

Rekabet ortamında şirketlerin başarısı açısından bu iki yaklaşım değerlendirildiğinde, aşağıdaki saptamaları yapmak mümkündür;

- Bir ürünü en baştan tasarlamak veya yeniden tasarlamak zorunluluk haline geldiğinde Altı Sigma için Tasarım Metodolojisi gerçek anlamda bir ihtiyaçtır.
- Altı Sigma için Tasarım metodolojisini uygulayan işletmelerin, ürünlerinin ve müşterilerinin beklentilerine göre şekillenen kendilerine has standartları ve teknikleri vardır. Bu açıdan bakıldığında bu yaklaşım bir metodoloji olmanın ötesinde kurumdaki iş yapma kültürünü de geliştirmeye yardımcı olmaktadır.
- Altı Sigma için Tasarım metodolojisinde amaç, yeni tasarlanan ürünün en baştan yüksek yeterlilik seviyesi ile tasarlanması ve uygulanır hale gelmesidir. En başından bu kadar yüksek bir kalite seviyesini tutturabilmek ancak müşteri beklentilerinin ve ihtiyaçlarının, tasarım ve uygulama aşamalarından önce net bir şekilde tespit edilmesi ve iyice anlaşılması ile mümkün olabilmektedir.
- Altı Sigma İyileştirme metodolojisi en kritik faktörlerin iyileştirilmesine odaklanırken, tasarım modeli ise müşteri için önemli bütün kritik faktörlere odaklanır ve onları pazara sunacak olan süreçleri de tasarım kapsamında değerlendirmektedir.
- Problemleri bir alanda çabuk çözümler bulmak yerine genellikle uzun vadeli ihtiyaçlara dayandıklarından Altı Sigma için Tasarım projeleri iyileştirme projelerinden daha uzun sürebilmektedir.
- DFSS’de süreçlerin tamamı gözden geçirildiğinden müşterinin bütün ihtiyaçlarını karşılayacak tasarımın başarısız olma riski azalmaktadır.

## **II. ALTI SİGMA İYİLEŞTİRME METODOLOJİSİNDE ALTI SİGMA İÇİN TASARIMA**

Altı Sigma İyileştirme metodolojisi, operasyonel süreçlerin iyileştirilmesi üzerine kurulu iken, Altı Sigma için Tasarım yaklaşımı ise yüksek sigma kalite düzeylerini gerçekleştirmek için yeni ürünlere veya var olan ürünlerin yeniden tasarımına odaklanır. Altı Sigma için Tasarım metodolojisinin sürekli iyileştirme çabalarına oranla önceliğinin olması mevcut literatürde tartışmalı bir konudur. Altı Sigma literatürünü büyük ölçüde Altı Sigma danışmanları biçimlendirmiştir ve bu akademik çevrelerce, genel olarak Altı Sigmanın temelleri hakkında insanların eğitimini amaçlayan giriş ve değerli bir yönetim felsefesinin satışı olarak değerlendirilmektedir. Altı Sigma metodolojisinin ilkeleri ve kavramlarını benimseyen organizasyonlar sürekli iyileştirme modelini kullanarak, önce 5 sigma kalite düzeyini (milyonda 233 olasılık) gerçekleştirdiğine inanmaktadır. 5 sigma kalite düzeyini aşmanın tek yolu Altı Sigma için Tasarım modeliyle ürünlerin, süreçlerin ve hizmetlerin yeniden tasarlanmasıdır (Harry ve Schroeder, 2000; 149; Chung, vd., 2008; 597).

Altı Sigma için Tasarım Modelinin uygulanabileceği üç koşulu aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür;

1. Yeni süreçler organizasyonun strateji hedeflerini gerçekleştirmesine yardım ettiğinde,

2. Mevcut süreçler onarılamaz biçimde bozulduğunda,
3. Süreç mümkün en iyi çıktısına ulaştığında,

Bu üç durumdan en azından biri mevcut olduğunda Altı Sigma için Tasarım Modelinin uygun olacağı belirtilir (Eckes, 2001; 33 , Baunelas ve Antony, 2003; 337).

### **III. ALTI SİGMA İÇİN UYGUN METODOLOJİNİN SEÇİMİNDE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME TEKNİKLERİNİN ÖNEMİ VE ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİ**

Altı Sigma takımları projelerin uygulanmasında hangi metodolojinin seçileceğine karar vermek için öncelikle sürecin yeterliliğini veya iyileştirme gerektirip gerektirmediğini değerlendirir. Eğer sürecin yetersiz olduğuna karar verilirse Altı Sigma İçin Tasarım, diğer olasılık içinse iyileştirme metodolojisi seçilebilir. Diğer bazı örneklerde TÖAİK döngüsü kullanılarak iyileştirme süreci boyunca yeni bir süreç tasarımına ihtiyaç olup olmadığına karar verilir ki, bu zaman ve kaynak israfından dolayı tavsiye edilebilir bir yaklaşım değildir.

Daha önce de değinildiği gibi uygun yaklaşımın seçimiyle ilişkili çok sayıda kriter (sürecin karmaşıklığı, yeterliliği, isteklilik, işletmenin büyüklüğü, temel performans amaçlarının aciliyeti vb.) bulunmaktadır. Sonuç olarak bu kriterlere dayanarak seçilen metodoloji kesin bir çözüm değil, çok kriterli bir karardır.

Literatürde metodoloji seçimine yol gösterebilecek az sayıda kriter ortaya konmuştur ve bu kriterler çok genel olduğu için alternatiflerin değerlendirilmesi için çok az fırsat bulunmaktadır. Buna ek olarak şimdiye kadar yapılan değerlendirmelerde analitik araçların, tekniklerin ve bu bağlamda kullanılacak süreçlerin varlığı ihmal edilmiştir (Banuelas, Antony, 2003; 338).

Genellikle temel kriterler dikkate alınarak karar verme durumunda, bunlar arasında en önemli olanına odaklanılır, diğerleri ise ihmal edilir. Oysa bir çok kriterin varlığında karar verilirken kriterlerin ayrı ayrı değerlendirilmesi yerine bunların etkileşimlerinin bir bütün olarak değerlendirilmesine imkan veren holistik (bütünsel) yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin maliyet-fayda analizi, altı sigma projelerinin finansal açıdan değerlendirilmesinde kullanılan en genel yaklaşımdır, ancak bu yaklaşım kriterler arasındaki etkileşimleri ihmal ettiği için bütünsel bir bakış açısına sahip değildir.

Ayrıca uygun Altı Sigma Modelinin seçimini etkileyebilecek kriterlerden bazıları parasal bir değerle ifade edilebilirken (kötü kalitenin maliyeti gibi), bir çoğu kendine özgü karakteristiklerinden dolayı sayısallaştırılamamaktadır (Örneğin öğrenme miktarı, risk derecesi gibi). Buna karşılık her iki kriter türü de karar verme de önemlidir ve bu değişkenlerin varlığında karar vermek üzere çok kriterli karar verme teknikleri kullanılır.

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) farklı amaçlar arasında etkileşim ve korelasyonlar bulunabilecek komplike ve yapılandırılmamış problemlerin çözümü için geliştirilmiş güçlü çok kriterli bir karar verme tekniğidir. AHS ilk olarak 1971'de Saaty tarafından geliştirilmiştir. Saaty karar vermeyi etkileyen kriterlerin

fonksiyonel etkileşimlerini ve bunların tüm sisteme etkilerini belirleyerek sistemi soyutlaştırmak üzere hiyerarşilerin kullanımını önermektedir. Klasik AHS’de karar vericiden hiyerarşinin her seviyesinde her bir nitelik için  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$  alt nitelikleri arasında  $r_{ij}$  olarak ifade edilen ikili karşılaştırma değerlerini tam olarak vermesi istenmektedir. Bu karşılaştırma oranlarının kesin olmayan yargıları belirttiğini savunan pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu durum, grup kararlarının alınmasında bireysel yargılarda değişkenliğe ve yargılarda belirsizliğe yol açmaktadır. Temel olarak, öncelik yargılarındaki belirsizlik, seçeneklerin sıralamasında da belirsizliğe yol açar (Leung ve Cao, 2000, 102-103).

Bulanık AHS, sosyal, ekonomik ve yönetim bilimleri gibi çeşitli alanlardaki yapılandırılmamış problemleri modellemede kullanılan Analitik Hiyerarşi Süreci yönteminden geliştirilmiş ileri bir analitik teknik olarak düşünülebilir. Çok kriterli karar verme problemlerinde sayısal ve sayısal olmayan ölçütleri ele almada AHS’nin tutarlılığına rağmen, karar vericinin yargıları, bulanıklığı ve belirsizliği, geleneksel AHS yönteminde karar vericinin kesin olmayan yargılarını da değerlendirmeye katmaktadır (Sheu, 2004, 45). AHS’nin amacı uzmanların bilgisini ortaya çıkarmak olmasına rağmen, geleneksel AHS yöntemleri insan düşünce tarzını hala yansıtamamaktadır. AHS’de önceliklerin temeli, karar vericinin algıya dayalı yargıları olduğundan dolayı (ki bu durum özellikle fiziksel varlığı olmayan, elle tutulamaz durumlar için kesinlikle doğrudur), bulanık AHS daha başarılı sonuçlar üretmektedir. Bu yüzden, pek çok araştırmacı, geleneksel AHS teknikleri ile karşılaştırmalı olarak karar verme sürecinde daha kesin tanımlamalar sağlayan Bulanık AHS olarak ifade edilen Saaty’nin geliştirdiği AHS teorisinin bulanık uzantısı ile ilgilenmişlerdir (Özdağoğlu & Tüzemen, 2009; 57). Çalışmanın bundan sonraki kısmında Bulanık AHS’ne giriş ve bu yöntemin Altı Sigma modellerinin seçiminde nasıl kullanılabileceği üzerinde durulacaktır.

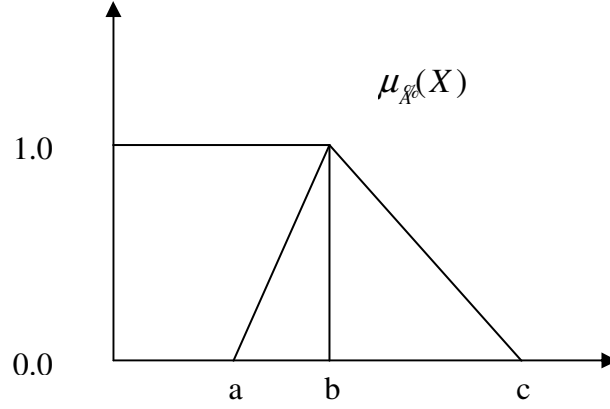
#### **IV. BULANIK AHS METODOLOJİSİ**

##### **IV.I. Bulanık Kümeler Teorisi**

Bulanık mantık hakkındaki ilk bilgiler, Lotfi Zadeh tarafından 1965 yılında literatüre kazandırılmıştır. Bulanık mantık ilkeleri belirsizliği açıklama kabiliyeti açısından üstünlüğü ile öne çıkmaktadır. Teori, matematiksel işlemleri ve programlamayı bulanık alanda uygulamaya da elverişlidir. Bir bulanık küme, her bir elemanı 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahip bir fonksiyon ile tanımlanır. Bu üyelik dereceleri, bir bulanık küme için süreklilik arz eder. Bir bulanık kümenin temsili sembolün üstünün çizilmesi ile ifade edilir. Üçgensel bir bulanık sayı Şekil 3’ de gösterilmektedir. Bir bulanık üçgensel sayı,  $(a/b, b/c)$  veya  $(a,b,c)$  şeklinde gösterilir.  $a, b, c$  ifadeleri sırasıyla bulanık bir olayda en



düşük olasılığı, net değeri ve en yüksek olasılığı ifade eder.



**Şekil- 3: Üçgensel Bir Bulanık Sayının Üyelik Fonksiyonları**

Bir üçgensel bulanık sayının sağ ve sol üyelik derecesi değerlerine göre lineer gösterimi şu şekildedir;

$$\mu(x | \tilde{A}) = \begin{cases} 0 & , \quad x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & , \quad a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & , \quad b \leq x \leq c \\ 1 & , \quad x > c \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

Bulanık sayılar muğlak, kesin tarif edilemeyen ortamlarda, bu değerleri sayısallaştırabilmek için kullanıldığından, çeşitli uygulamalar açısından birbiriyle kıyaslanabilmesi ya da sıralanması oldukça önemlidir. Bulanık değerlerin sıralanmasında değişik sıralama sonuçları veren farklı sıralama yöntemleri bulunmaktadır. Bu çalışmada Liou ve Wang’ın 1992 yılında ortaya koyduğu toplam entegral değer yöntemine göre sıralama yapılmaya çalışılacaktır (Liou ve Wang’dan aktaran: Kaptanoğlu ve Özok, 2006:198; Gen ve Cheng, 1997: 285). Liou ve Wang’ın toplam entegral değer yönteminde;  $\alpha \in [0,1]$  iyimserlik endeksi olmak üzere;  $\tilde{A}^{\alpha} = (a, b, c)$  şeklinde verilen üçgensel bulanık sayı (ÜBS) için, toplam entegral değer aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$I_T^{\alpha}(\tilde{A}) = \frac{1}{2} \alpha(b+c) + \frac{1}{2} (1-\alpha)(a+b) = \frac{1}{2} [\alpha c + b + (1-\alpha)a] \dots\dots\dots(2)$$

Karar vericinin iyimserlik endeksi olarak tanımlanan  $\alpha \in [0,1]$ ’dir.  $\alpha$  değeri büyüdükçe iyimser bir karar verici, küçüldükçe de karamsar bir karar verici söz konusudur.  $\tilde{A}_i^{\alpha}$  ve  $\tilde{A}_j^{\alpha}$  bulanık sayıları için eğer;

$$\begin{aligned}
 I_T^\alpha(\tilde{A}_i^o) < I_T^\alpha(\tilde{A}_j^o) \dots \text{ise} \dots \tilde{A}_i^o < \tilde{A}_j^o \\
 I_T^\alpha(\tilde{A}_i^o) = I_T^\alpha(\tilde{A}_j^o) \dots \text{ise} \dots \tilde{A}_i^o = \tilde{A}_j^o \dots \dots \dots (3) \\
 I_T^\alpha(\tilde{A}_i^o) > I_T^\alpha(\tilde{A}_j^o) \dots \text{ise} \dots \tilde{A}_i^o > \tilde{A}_j^o
 \end{aligned}$$

**V.II. Bulanık AHS**

AHS kavramı ile karar verici, algıya dayalı yargı aralığı ile deterministik değerlendirmeler yapamaz. Önceliklendirmede bu tür bir belirsizlik bulanık küme teorisi kullanılarak modellenenabilir. Bulanık küme teorisinde, karar vericiden sağlanan oran ölçeği, üyelik fonksiyonu değeri olarak tanımlanan bir bulanık sayıdır. Burada, üyelik fonksiyonu öncelik setindeki yargı aralığındaki elemanların değerini tanımlar. Uzmanların bir konudaki görüşlerini kesin bir sayı yerine, dilsel değişkenler olarak da adlandırılan sözel değerlendirmelerle vermeleri daha gerçekçi olacaktır. İşte bu sözel değerlendirmeler, yargı aralığını gösteren üçlü bulanık sayılardır. Bulanık AHS hesaplamalarında kullanılan üçlü bulanık sayı değerleri Tablo-1’de gösterildiği gibidir.

**Tablo-1: Bulanık Önem Dereceleri**

SÖZEL ÖNEM	BULANIK ÖLÇEK	KARSILIK ÖLÇEK
Esit önem	(1,1,1)	(1/1,1/1,1/1)
	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
Biraz daha fazla önemli	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
Kuvvetli derecede önemli	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
Çok kuvvetli derecede önemli	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
Tamamıyla önemli	(8,9,9)	(1/9,1/9,1/8)

**Kaynak:** Akman ve Alkan, 2006;36.

Aşağıda, bulanık AHS’de Meritebe Analizi Yöntemi ayrıntılı olarak anlatılacak ve yöntem Altı Sigma Model seçimi için uygulanacaktır (Zhu, vd., 1999; 453; Akman ve Alkan, 2006;36; Kaptanoğlu ve Özok, 2006; 200).

$x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , bir ölçüt kümesi ve  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ , bir amaç kümesi olsun. Bu yöntemde göre, her bir ölçüt alınır ve her bir hedef için meritebe analizi uygulanır. Böylece her bir ölçüt için m tane meritebe analiz değerleri elde edilir. Bu değerler şu şekilde gösterilir;

$$A_{g_i}^1, A_{g_i}^2, \dots, A_{g_i}^m \quad i=1,2,3,\dots,n \dots \dots \dots (4)$$

Burada tüm  $A_g^j$  (j = 1, 2, ..., m)’ler üçgensel bulanık sayıdır. Meritebe analizinin adımları şu şekilde sıralanabilir:

Adım 1: Ölçüt i'ye göre bulanık sentetik mertebenin değeri şu şekilde tanımlanır.

$$S_i = \sum_{j=1}^m A_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A_{g_i}^j \right]^{-1} \dots\dots\dots (5)$$

Buradaki  $\sum_{j=1}^m A_{g_i}^j$  değerini elde etmek için m mertebe analiz değerine

(6)'da görüldüğü gibi bulanık toplama işlemi uygulanır.

$$\sum_{j=1}^m A_{g_i}^j = \left( \sum_{j=1}^m a_j, \sum_{j=1}^m b_j, \sum_{j=1}^m c_j \right) \dots\dots\dots (6)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A_{g_i}^j = \left( \sum_{i=1}^n a_i, \sum_{i=1}^n b_i, \sum_{i=1}^n c_i \right) \dots\dots\dots (7)$$

Daha sonra (7)'deki vektörün tersi şu şekilde elde edilir.

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m A_{g_i}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n c_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n b_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n a_i} \right) \dots\dots\dots (8)$$

Sentetik mertebe değerlerinin hesaplanmasından sonra normalize edilmiş ağırlık vektörlerinin hesaplanabilmesi için daha önce bahsedilen Liou ve Wang sıralama yöntemi kullanılacaktır.

## V. BULANIK ANALİTİK HİYERARŞİ SÜRECİNİ (BAHS) KULLANARAK UYGUN ALTI SİGMA METODOLOJİSİNİN SEÇİMİ

Bu çalışma bir otomotiv yan sanayi firmasının Altı Sigma ekibinde yer alan, TÖAİK ve TÖADV Döngüsü eğitimleri almış, üç yeşil kuşak elemanı ile görüşme suretiyle gerçekleştirilmiştir. Üç ekip elemanına, üzerinde çalıştıkları kritik öneme sahip bir ürüne ait, kalite karakteristiklerinin varyasyonunu azaltmak suretiyle hatasız üretimi gerçekleştirmede hangi Altı Sigma metodolojisinin uygun olduğuna dair görüşleri sorulmuştur. Uygun metodoloji seçimi için karar vermede kullanılan temel ve alt kriterlerin seçiminde ağırlıklı olarak Banuelas ve Antony (2003)'a ait çalışmadan yararlanılmıştır. Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci aşağıdaki adımlar izlenerek gerçekleştirilmeye çalışılmıştır:

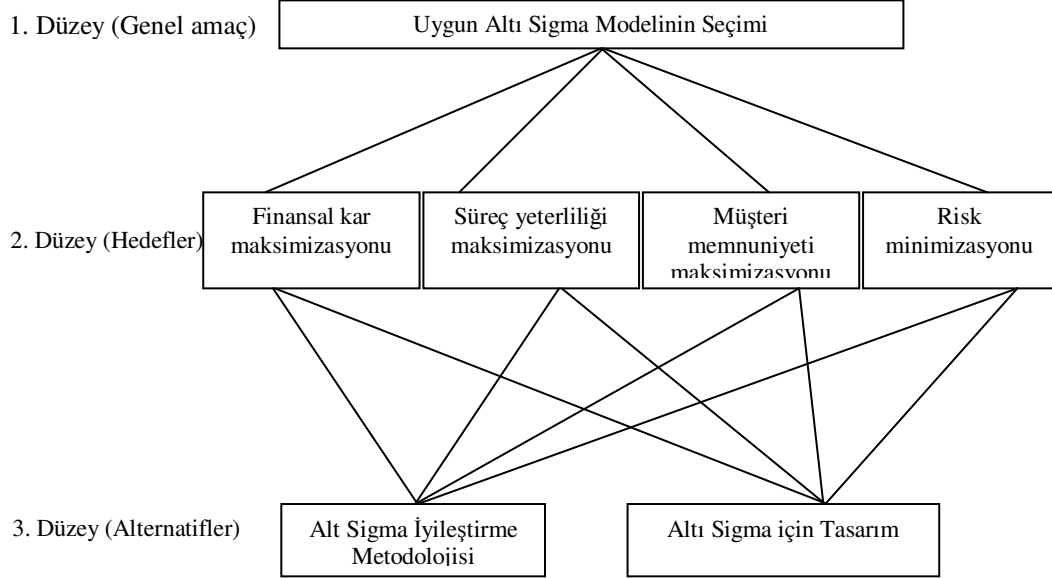
### 1. Genel Amacın tanımlanması

Ekip çalışanları konu hakkında bilgilendirildikten sonra çalışmanın genel amacı belirlenmiş ve “**Altı Sigma projesinin gerçekleştirilebilmesi için uygun metodolojinin seçilmesi**” olarak ifade edilmiştir.

### 2. Amacın daha düşük düzeydeki alt amaçlara ayrıştırılması

Bu adımda genel amaç hiyerarşik bir yapı oluşturacak biçimde daha düşük düzeydeki amaçlara ayrıştırılır. Bu çalışmanın genel amacı proje hedeflerine uygun metodolojiyi seçebilmek olduğuna göre projenin işletme açısından hedefleri de (ikinci düzey amaçlar) çalışma ekibi tarafından finansal kar

maksimizasyonu, süreç yeterliliği maksimizasyonu, müşteri memnuniyeti maksimizasyonu ve risk minimizasyonu olarak kabul edilmiştir.



**Şekil-4: Uygun Altı Sigma Metodolojisinin Seçimi İçin Bulanık AHS Modeli**

**Kaynak:** Banuelas ve Antony, 2003; 340.

### 3. Alternatiflerin tanımlanması

Amaçları gerçekleştirme mümkün alternatifler, hiyerarşik yapının en alt düzeyinde yer alır. Şekil 4’de de görüldüğü gibi işletmenin hedeflerini gerçekleştirmesini sağlayacak olası alternatifler hiyerarşik yapının üçüncü düzeyinde yer almaktadır.

### 4. Hedeflerin İkili Karşılaştırmalar Yapılarak Değerlendirilmesi

Sistem yapısı tanımlandıktan sonra, hedeflerin nisbi önem düzeylerini belirlemek üzere görüşülen yeşil kuşak elemanları, ikinci düzeyde yer alan hedeflerin ikili karşılaştırmalarıyla ilgili ortak değerlendirmelerini Tablo 2’de yer alan değerlendirme formuna kaydetmişlerdir.

**Tablo-2: Hedef Kıyaslama Formu**

	Artan önem	Azalan önem	
<b>Finansal kar maksimizasyonu</b>	← 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9 →		<b>Süreç kapasitesi maksimizasyonu</b>
<b>Finansal kar maksimizasyonu</b>	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9		<b>Müşteri memnuniyeti maksimizasyonu</b>
<b>Finansal kar maksimizasyonu</b>	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9		<b>Risk minimizasyonu</b>
<b>Süreç kapasitesi maksimizasyonu</b>	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9		<b>Müşteri memnuniyeti maksimizasyonu</b>
<b>Süreç kapasitesi maksimizasyonu</b>	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9		<b>Risk minimizasyonu</b>
<b>Müşteri memnuniyeti maksimizasyonu</b>	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9		<b>Risk minimizasyonu</b>

## 5. Hedefleri Gerçekleştirmede Alternatiflerin Etkinliğinin Belirlenmesi

Bu amaçla yeşil kuşak elemanları, Altı Sigma'nın her bir hedefini gerçekleştirmede hangi metodolojinin daha üstün olduğunu belirlemiş ve ortak değerlendirmelerini Tablo 3, 4, 5 ve 6'da yer alan Alternatifleri Kıyaslama Formlarına kaydetmişlerdir.

**Tablo-3:Altı sigma hedeflerinden “Finansal Kar maksimizasyonunun” gerçekleştirilmesi için Altı Sigma İyileştirme Modelinin Altı Sigma için Tasarım Modeline Göre Önem Düzeyini Belirleme Formu**

	Artan önem	Azalan önem	
	←—————→		
Altı Sigma İyileştirme Modeli	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9		Altı Sigma için Tasarım Modeli

**Tablo-4:Altı sigma hedeflerinden “Süreç Yeterliliği maksimizasyonunun” gerçekleştirilmesi için Altı Sigma İyileştirme Modelinin Altı Sigma için Tasarım Modeline Göre Önem Düzeyini Belirleme Formu**

	Artan önem	Azalan önem	
	←—————→		
Altı Sigma İyileştirme Modeli	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9		Altı Sigma için Tasarım Modeli

**Tablo-5:Altı sigma hedeflerinden “Müşteri Memnuniyeti maksimizasyonunun” gerçekleştirilmesi için Altı Sigma İyileştirme Modelinin Altı Sigma için Tasarım Modeline Göre Önem Düzeyini Belirleme Formu**

	Artan önem	Azalan önem	
	←—————→		
Altı Sigma İyileştirme Modeli	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9		Altı Sigma için Tasarım Modeli

**Tablo-6:Altı sigma hedeflerinden “Risk minimizasyonunun” gerçekleştirilmesi için Altı Sigma İyileştirme Modelinin Altı Sigma için Tasarım Modeline Göre Önem Düzeyini Belirleme Formu**

	Artan önem	Azalan önem	
	←—————→		
Altı Sigma İyileştirme Modeli	9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9		Altı Sigma için Tasarım Modeli

Bundan sonraki süreçte ise, her düzeyde yapılmış olan değerlendirmeler Tablo-1'den yararlanarak bulanık sayılara dönüştürülmüş ve kıyaslama matrisleri oluşturularak Bulanık AHS modeli işletilmiştir.

**Tablo-7: İkinci Düzey Hedeflerin Bulanık İkili Karşılaştırmalar Matrisi**

	Finansal Kar Maksimizasyonu			Süreç Yeterliliği Maksimizasyonu			Müşteri Memnuniyeti Maksimizasyonu			Risk Minimasyonu		
Finansal Kar Maksimizasyonu	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	2,00	3,00	4,00	3,00	4,00	5,00
Süreç Yeterliliği Maksimizasyonu	0,25	0,33	0,50	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25	2,00	3,00	4,00
Müşteri Memnuniyeti Maksimizasyonu	0,25	0,33	0,50	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00	3,00	4,00	5,00
Risk Minimasyonu	0,20	0,25	0,33	0,25	0,33	0,50	0,20	0,25	0,33	1,00	1,00	1,00

Her bir hedefin sentetik değerleri ve  $\alpha = 0,50$ 'ye göre hesaplanan iyimserlik endeksleri ( $I_T^\alpha$ ) Tablo 7'den yararlanarak hesaplanmış ve aşağıda olduğu gibi verilmiştir.

$$S_{FKM} = (0,2325; 0,3972; 0,6567)$$

$$S_{SYM} = (0,0954; 0,1636; 0,2697)$$

$$S_{MMM} = (0,2398; 0,3731; 0,5863)$$

$$S_{RM} = (0,0480; 0,0661; 0,1013)$$

$$(I_T^\alpha)_{FKM} = 0,4209$$

$$(I_T^\alpha)_{SYM} = 0,1741$$

$$(I_T^\alpha)_{MMM} = 0,3931$$

$$(I_T^\alpha)_{RM} = 0,0704$$

$$(I_T^\alpha)_{FKM} + (I_T^\alpha)_{SYM} + (I_T^\alpha)_{MMM} + (I_T^\alpha)_{RM} = 1,0584$$

Daha sonra her bir hedefin iyimserlik endeksi, iyimserlik endeksleri toplamına bölünerek hedeflerin normalize edilmiş ağırlık vektörleri bulunmuştur.

$$W = (0,4209/1,0584; 0,1741/1,0584; 0,3931/1,0584; 0,0704/1,0584)$$

$$W = (0,3977; 0,1645; 0,3714; 0,0665)$$

$$W_{FKM} = 0,3977 \quad W_{SYM} = 0,1645 \quad W_{MMM} = 0,3714 \quad W_{RM} = 0,0665$$

Her bir hedefin gerçekleştirilmesi için Altı Sigma Modellerinin ikili karşılaştırmaları ve önem ağırlıklarının hesaplanması benzer şekilde yapılmıştır.

**Tablo-8: Finansal Kar Maksimizasyonu Açısından Altı Sigma Modellerinin Bulanık İkili Karşılaştırmalar Matrisi**

	Altı Sigma İyileştirme Modeli			Altı Sigma için Tasarım Modeli		
Altı Sigma İyileştirme Modeli	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00
Altı Sigma için Tasarım Modeli	1/4	1/3	1/2	1,00	1,00	1,00

$$W = (0,2499; 0,7501)$$

$$W_{ASI} = 0,2499 \quad W_{AST} = 0,7501$$

**Tablo-9: Süreç Yeterliliği Maksimizasyonu Açısından Altı Sigma Modellerinin Bulanık İkili Karşılaştırmalar Matrisi**

	Altı Sigma İyileştirme Modeli			Altı Sigma için Tasarım Modeli		
Altı Sigma İyileştirme Modeli	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25
Altı Sigma için Tasarım Modeli	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00

$$W=(0,1658; 0,8342)$$

$$W_{ASİ} = 0,1658 \quad W_{AST} = 0,8342$$

**Tablo-10: Müşteri Memnuniyeti Maksimizasyonu Açısından Altı Sigma Modellerinin Bulanık İkili Karşılaştırmalar Matrisi**

	Altı Sigma İyileştirme Modeli			Altı Sigma için Tasarım Modeli		
Altı Sigma İyileştirme Modeli	1,00	1,00	1,00	0,17	0,20	0,25
Altı Sigma için Tasarım Modeli	4,00	5,00	6,00	1,00	1,00	1,00

$$W=(0,2395; 0,7605)$$

$$W_{ASİ} = 0,2395 \quad W_{AST} = 0,7605$$

**Tablo-11: Risk Minimizasyonu Açısından Altı Sigma Modellerinin Bulanık İkili Karşılaştırmalar Matrisi**

	Altı Sigma İyileştirme Modeli			Altı Sigma için Tasarım Modeli		
Altı Sigma İyileştirme Modeli	1,00	1,00	1,00	5,00	6,00	7,00
Altı Sigma için Tasarım Modeli	0,14	0,17	0,20	1,00	1,00	1,00

$$W=(0,8578; 0,1422)$$

$$W_{ASİ} = 0,8578 \quad W_{AST} = 0,1422$$

**Tablo-12: Altı Sigma Metodolojilerinin Bileşik Önem Ağırlıklarının Hesaplanması**

İkinci Düzey Hedeflerin Tablo7'de Hesaplanan Önem Düzeyleri	FKM	SYM	MMM	RM
Altı Sigma İyileştirme Metodolojisi	0,2499	0,1658	0,2395	0,8578
Altı Sigma için Tasarım	0,7501	0,8342	0,7605	0,1422

Tablo-7'den elde edilen ağırlık vektörünün Tablo 12'deki değerlerle çarpılması sonucu Altı Sigma metodolojilerinin genel (bileşik) önem ağırlıkları bulunur.

Altı Sigma İyileştirme metodolojisinin bileşik önem düzeyi;

$$W_{ASİ} = 0,3724 * 0,2499 + 0,1689 * 0,1658 + 0,3904 * 0,2395 + 0,0683 * 0,8578 = 0,2727$$

Altı Sigma için Tasarım metodolojisinin bileşik önem düzeyi;

$$W_{AST} = 0,3724 * 0,7501 + 0,1689 * 0,8342 + 0,3904 * 0,7605 + 0,0683 * 0,1422 = 0,7274$$

Süreçin son adımında bu çalışma için, Altı Sigma için Tasarım Modelinin Altı Sigma İyileştirme Modelinden ( $0,7274/0,2727 = 2,6674$ ) yaklaşık olarak üç kat daha güçlü bir yaklaşım olduğu sonucuna ulaşabiliriz.

## **SONUÇ**

Altı Sigma birçok firmada yeni bir işletme stratejisi olarak kabul görmüştür. Bu yaklaşım iyi yapılanmış bir metodoloji kullanarak varyasyonun azaltılması suretiyle süreçlerin iyileştirilmesine odaklanır. Altı Sigma ilk olarak var olan süreçlerin iyileştirilmesi için kullanılsa da, farklı metodolojileri kullanarak altı sigma düzeylerine ulaşma yeteneğine sahip süreçlerin tasarlanmasına da olanak vermeye başlamıştır. Ancak Altı Sigma için Tasarım Modeline geçmek basit bir karar değildir. Literatürde de daha önce değinildiği gibi Altı Sigma için uygun metodoloji seçimi bir çok karar kriteri ve farklı amaçlara dayanan detaylı bir süreçtir. Bu çalışmada farklı kısıtlar altında Altı Sigma metodolojilerinin değerlendirilmesi için kompleks bir karar vermek üzere çok kriterli karar verme tekniklerinden bulanık AHS kullanılmıştır.

Bu yöntemle karar vericiler bütün kriterleri bir arada değerlendirerek karar verme imkanına sahip olduğundan, dört kriter ağırlıkları ile beraber göz önüne alındığında Altı Sigma için Tasarım Modeli tercih edilen yaklaşım olarak ön plana çıkmaktadır. Fakat Altı Sigma için uygun metodolojinin seçiminde bu kararın, üretim süreçlerinin yeterliliği değerlendirilmek suretiyle firmadan firmaya ve uzmanların subjektif yargılarına göre değişebileceği unutulmamalıdır.

İyileştirme metodolojisinden Altı Sigma için Tasarıma geçiş sürecini desteklemek üzere bu yöntemin kullanımı, etkin bir biçimde karar vermede bütünsel bir yaklaşım sunmaktadır. Ancak bu yaklaşımın da bir takım eksiklikleri bulunabilir. Bulanık AHS’de hedefler arasında etkileşim olup olmadığı ihmal edilmektedir. Bundan sonraki çalışmalarda Analitik Serim Süreci (ANP) yöntemiyle hedefler arasında etkileşim olup olmadığı incelendikten sonra alternatifler arasında karar verilebilir.

## **KAYNAKÇA**

- Akman, G. ve Alkan, A., (2006), “Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık AHP Yöntemi Kullanılarak Tedarikçilerin Performansının Ölçülmesi: Otomotiv Yan Sanayinde Bir Uygulama”, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, Yıl:5, Sayı:9, Bahar 2006/1, 23-46
- Antony, F., (2007), “Is six sigma a management fad or fact?”, *Assembly Automation*, 27/1, 17-19
- Banuelas, R. ve Antony, F., (2003), “Going from Six Sigma to Design for Six Sigma: An Exploratory Study Using Analytic Hierarchy Process”, *The TQM Magazine*, Vol. 15, Num. 5, 334-344.
- Chung, Y. C., vd., (2008), “An empirical study on the correlation between Critical DFSS success factors, DFSS implementation activity levels and business competitive advantages in Taiwan’s high-tech manufacturers”, *Total Quality Management*, Vol. 19, No.6, 595-697
- De Feo, J. A. Ve Bar-El, Z., (2002), “Creating strategic change more efficiently with a new Design for Six Sigma process”, *Journal of Change Management*, Vol.3, 60-80
- Drake, D., Sutterfield, J. S., Ngassam, C., (2008), “The Revolution Of Six-Sigma:An Analysis of its Theory And Application”, *Academy of Information and Management Sciences Journal*, Volume 11, Number 1,29-45
- Durakbaşı, M. N., vd., (2007), “Altı Sigma: Üretim Proseslerinde Neredeyse Hatasız Üretimin Gerçekleştirildiği Kalite Girişimleri”, [www.qfdturkiye.org](http://www.qfdturkiye.org), Erişim tarihi: 13.07.2009)
- Eckes, G. (2001), “The Six Sigma Revolution”, John Wiley&Sons, NY
- Gen, M., Cheng, C. (1997), “Genetic Algorithms & Engineering Design”, John Wiley & Sons, Inc.
- Harry, M., ve Schroeder, R. (2000), “Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionising the World’s Top Corporations”, Currency/Doubleday, New York, NY.



- Ingle, S. ve Roe, W., (2001), "Six Sigma Black Belt Implementation", The TQM Magazine, Vol. 13/4, 273-280
- Kaptanoğlu, D. ve Özek, A. F., (2006), "Akademik Performans Değerlendirmesi için Bir Bulanık Model", itü dergisi/d mühendislik, cilt: 5, sayı:1, Kısım:2, 193-204.
- Leung, L. C. ve Cao, D., (2000), " On Consistency and Ranking of Alternatives in Fuzzy AHP", European Journal of Operational Research, 124, 102 -113
- Nave, D., (2002), "How to compare Six Sigma, lean and The Theory of Constraints", Quality Progress, Vol. 35, No.3, p. 73.
- Özdağoğlu, A., Tüzemen, A., (2009); "Bulanık AHS yaklaşımı ile ile Hammadde Tedarikçisinin Değerlendirilmesi", 8, Anadolu İşletmecilik Kongresi, 7-9 Mayıs 2009, Manisa, s. 53-57
- Sheu, J., (2004). "A Hybrid Fuzzy-Based Approach For Identifying Global Logistics Strategies". *Transportation Research*. 40.
- Zhu, K.J., Jing, Y., Chang, D.Y., (1999), "A Discussion on Extent Analysis Method and Applications of Fuzzy AHP", European Journal of Operational Research, Vol. 116, 1999, pp. 450-456.