

**QFD VE AKSİYOMATİK TASARIM YARDIMIYLA
TASARIM ALTERNATİFLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE BİR UYGULAMASI**

Şaziye KORKMAZ



T.C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**QFD VE AKSİYOMATİK TASARIM YARDIMIYLA
TASARIM ALTERNATİFLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ
VE BİR UYGULAMASI**

Şaziye KORKMAZ

Doç. Dr. A. Yurdun ORBAK
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA-2013

TEZ ONAYI

Şaziye KORKMAZ tarafından hazırlanan “QFD ve Aksiyomatik Tasarım Yardımıyla Tasarım Alternatiflerinin Değerlendirilmesi ve Bir Uygulaması” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : (Doç. Dr. A. Yurdun ORBAK)

Başkan :	Doç. Dr. A. Yurdun ORBAK	İmza
	U.Ü. Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı	
Üye :	Prof. Dr. Cemal ÇAKIR	İmza
	U.Ü. Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı	
Üye :	Yrd. Doç. Dr. Mehmet AKANSEL	İmza
	U.Ü. Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı	

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Ali Osman DEMİR

Enstitü Müdürü

26/12/2013

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

26/12/2013

Şaziye KORKMAZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

QFD VE AKSİYOMATİK TASARIM YARDIMIYLA TASARIM ALTERNATİFLERİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ VE BİR UYGULAMASI

Şaziye KORKMAZ

Uludağ Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. A.Yurdun ORBAK

Gelişen dünya pazarında her geçen gün firmalar arasındaki rekabet artmaktadır. Rakipleri arasında öne çıkmak isteyen firmalar yeni arayışlar içerisine girmiş ve ARGE faaliyetlerini güçlendirmeye başlamışlardır. Günümüzde tasarımcıların çalışmalarına en çok etki eden faktör müşteri memnuniyetidir. Müşteri isteklerini karşılayan bir firma her zaman rakiplerinden bir adım öne çıkmaktadır.

Bu çalışmada, şehirlerarası otobüslerde kullanılacak ve müşteri isteklerini en üst düzeyde karşılayacak olan bir koltuk tasarımı gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Öncelikle “müşterinin sesi”ni dikkate almak üzere kalite fonksiyonu yayılımı (KFY) çalışması yapılmış ve koltuktan beklenen özellikler belirlenmiştir. Ardından aksiyomatik tasarım (AT) uygulanarak üç koltuk arasından müşteri isteklerini en üst düzeyde sağlayan koltuk bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kalite fonksiyonu yayılımı, Aksiyomatik tasarım, Kalite evi, Tasarımda altı sigma

2013, ix + 100 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

EVULATION OF DESIGN ALTERNATIVES USING QFD AND AXIOMATIC DESIGN
AND APPLICATION

Şaziye KORKMAZ

Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Endustrial Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. A.Yurdun ORBAK

The competition between companies is increasing day by day at the developing world market. Companies that want to stand out among its competitors embark on new quests and have begun to strengthen its R&D activities. Nowadays, a factor that has the most impact on the work of designers is customer satisfaction. A company that meets customer requests is always one step ahead of its competitors.

The purpose of this study is to realize a design for a seat which be used for coach and meet the highest level of customer requests. First, the quality function deployment (QFD) was applied to take account of “voice of the customer” and expected features of the seat were determined. After that, the axiomatic design (AD) is applied and the seat that is providing the highest level of customer requests between three seats was obtained.

Key words: Quality function deployment, Axiomatic design, The house of quality, Design for six sigma (DFSS).

2013, ix + 100 pages.

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimime başlama kararında bana destek olan ve anlayışlarını esirgemeyen KARTEKS DOKUMA ailesine teşekkür ederim.

Tezimin uygulama aşamasında destek aldığım FKT Koltuk Sistemleri A.Ş. ve çalışanlarına teşekkürler.

Bu tezi hazırlamamdaki yüksek katkılarından dolayı yüksek lisans eğitimime başladığım andan itibaren bana yol gösteren danışmanım Doç. Dr. A. Yurdun ORBAK'a teşekkür ederim.

Sabır ve hoşgörü ile yüksek lisans eğitimim boyunca her zaman arkamda olan ablam Nihal TUNALI, annem Ayşe TUNALI ve eşim Ural KORKMAZ'a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. TASARIMDA ALTI SİGMA (DFSS)	3
2.1.Tasarımda Altı Sigma (DFSS) nedir?	3
2.2.Neden Tasarımda Altı Sigma?	5
2.3.Tasarımda Altı Sigma (DFSS) Uygulama Adımları.....	7
2.3.1. Gereksinimlerin belirlenmesi.....	8
2.3.2. Tasarımın karakterize edilmesi	9
2.3.3. Tasarımın en iyilenmesi.....	11
2.3.4. Tasarımın doğrulanması	11
3. TASARIMDA KULLANILACAK OLAN ARAÇLAR.....	13
3.1.Kalite Fonksiyonu Yayılımı (QFD)	13
3.1.1. Kalite Fonksiyonu Yayılımı'nın tarihçesi.....	14
3.1.2. Kalite Fonksiyonu Yayılımı'nın uygulama adımları.....	16
3.2.Aksiyomatik Tasarım.....	26
4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	39
4.1.Kalite Fonksiyon Yayılımı Literatür Araştırması.....	39
4.2.Aksiyomatik Tasarım Literatür Araştırması.....	40
5. BULGULAR.....	46
5.1.Kalite Fonksiyonu Yayılımı'nın uygulanması.....	46
5.1.1. Kalite evinin oluşturulması.....	55
5.2.Hata Türü ve Etkileri Analizi.....	59
5.3.Aksiyomatik Tasarım.....	60
5.3.1. Tasarım özellikleri.....	60

5.3.2. Sistem özellikleri.....	63
5.3.3. Aksiyomatik tasarımın uygulanması.....	65
6. SONUÇ.....	86
KAYNAKLAR.....	87
EKLER.....	94
EK 1. Hazır salça üretimi için kalite evi	95
EK 2. Anket çalışması	96
EK 3. Müşteri İsteklerinin Yığılmış Çizgi Grafiği	98
EK 4. Proses FMEA uygulaması	99
ÖZGEÇMİŞ.....	100

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar	Açıklama
QFD	Quality Function Deployment
KFY	Kalite Fonksiyonu Yayılımı
AT	Aksiyomatik Tasarım
AD	Axiomatic Design
FMEA	Failure mode and effects analysis
DFSS	Design for six sigma

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Tasarım Varlığı Aşamalarında DFSS Stratejisi.....	5
Şekil 2.2. Yaşam Döngüsünde Tasarım Aşamalarının Etkinliği.....	7
Şekil 3.1. Kalite Evi.....	17
Şekil 3.2. Aksiyomlarla tasarımda bilgi sahaları.....	28
Şekil 3.3. Tasarımın Zigzag ile Ayrıştırılması.....	29
Şekil 3.4. Ayrık tasarım	32
Şekil 3.5. Ayrılmış tasarım	32
Şekil 3.6. Bağlı tasarım	34
Şekil 3.7. Fonksiyonel ihtiyaçların tasarım aralığı, sistem aralığı, ortak aralık	35
Şekil 3.8. Gidiş-geliş süresinin olasılık dağılımı	37
Şekil 3.9. Okul kalitesi olasılık dağılımı	37
Şekil 5.1. Anket sonuçlarının kutu grafiği.....	48
Şekil 5.2. Bütün anket sorularının korelasyon dağılımı.....	49
Şekil 5.3. Soru 1,16 ve 19 çıkarıldığında oluşan korelasyon dağılımı.....	54
Şekil 5.4. Hareketli başlık tasarım özellikleri.....	60
Şekil 5.5. Yastık özellikli başlık tasarım özellikleri.....	61
Şekil 5.6. Bağımsız tablet tasarım özellikleri.....	61
Şekil 5.7. TV monitörü tasarım özellikleri.....	62
Şekil 5.8. A koltuğunun hareketli başlığının yükselme miktarı olasılık yoğunluğu...	66
Şekil 5.9. B koltuğunun hareketli başlığının yükselme miktarı olasılık yoğunluğu...	66
Şekil 5.10. C koltuğunun hareketli başlığının yükselme miktarı olasılık yoğunluğu..	67
Şekil 5.11. A koltuğunun hareketli başlığının kademe sayısı olasılık yoğunluğu.....	67
Şekil 5.12. B koltuğunun hareketli başlığının kademe sayısı olasılık yoğunluğu.....	68
Şekil 5.13. C koltuğunun hareketli başlığının kademe sayısı olasılık yoğunluğu.....	68
Şekil 5.14. A koltuğunun hareketli başlığının başlık genişliğinin olasılık yoğunluğu	69
Şekil 5.15. B koltuğunun hareketli başlığının başlık genişliğinin olasılık yoğunluğu	69
Şekil 5.16. C koltuğunun hareketli başlığının başlık genişliğinin olasılık yoğunluğu	70
Şekil 5.17. A koltuğunun hareketli başlığının başlık yüksekliği olasılık yoğunluğu..	70
Şekil 5.18. B koltuğunun hareketli başlığının başlık yüksekliği olasılık yoğunluğu..	71
Şekil 5.19. C koltuğunun hareketli başlığının başlık yüksekliği olasılık yoğunluğu..	71

Şekil 5.20. A koltuğunun yastık özellikli başlığının yana açılma açısı olasılık yoğunluğu.....	72
Şekil 5.21. B koltuğunun yastık özellikli başlığının yana açılma açısı olasılık yoğunluğu.....	73
Şekil 5.22. C koltuğunun yastık özellikli başlığının yana açılma açısı olasılık yoğunluğu.....	73
Şekil 5.23. A koltuğunun yastık özellikli başlığının kulak olasılık yoğunluğu.....	74
Şekil 5.24. B koltuğunun yastık özellikli başlığının kulak olasılık yoğunluğu.....	74
Şekil 5.25. C koltuğunun yastık özellikli başlığının kulak olasılık yoğunluğu.....	75
Şekil 5.26. A koltuğunun yastık özellikli başlığının kulak açısı olasılık yoğunluğu..	75
Şekil 5.27. B koltuğunun yastık özellikli başlığının kulak açısı olasılık yoğunluğu..	76
Şekil 5.28. C koltuğunun yastık özellikli başlığının kulak açısı olasılık yoğunluğu..	76
Şekil 5.29. A koltuğunun bağımsız tabletinin yana açılma açısı olasılık yoğunluğu..	77
Şekil 5.30. B koltuğunun bağımsız tabletinin yana açılma açısı olasılık yoğunluğu..	78
Şekil 5.31. C koltuğunun bağımsız tabletinin yana açılma açısı olasılık yoğunluğu..	78
Şekil 5.32. A koltuğunun bağımsız tabletinin derinlik miktarı olasılık yoğunluğu...	79
Şekil 5.33. B koltuğunun bağımsız tabletinin derinlik miktarı olasılık yoğunluğu....	79
Şekil 5.34. C koltuğunun bağımsız tabletinin derinlik miktarı olasılık yoğunluğu....	80
Şekil 5.35 A koltuğunun bağımsız tabletinin tablet genişliği olasılık yoğunluğu.....	80
Şekil 5.36. B koltuğunun bağımsız tabletinin tablet genişliği olasılık yoğunluğu.....	81
Şekil 5.37. C koltuğunun bağımsız tabletinin tablet genişliği olasılık yoğunluğu.....	81
Şekil 5.38. A koltuğunun TV monitörünün açılma açısı olasılık yoğunluğu.....	82
Şekil 5.39. B koltuğunun TV monitörünün açılma açısı olasılık yoğunluğu.....	83
Şekil 5.40. C koltuğunun TV monitörünün açılma açısı olasılık yoğunluğu.....	83
Şekil 5.41. A koltuğunun TV monitörünün ekran genişliği olasılık yoğunluğu.....	84
Şekil 5.42. B koltuğunun TV monitörünün ekran genişliği olasılık yoğunluğu.....	84
Şekil 5.43. C koltuğunun TV monitörünün ekran genişliği olasılık yoğunluğu.....	85

TABLULAR DİZİNİ

Çizelge 3.1. Korelasyon derecesi sembol ve anlamları	19
Çizelge 3.2. Hazır salça üretimi için müşteri istekleri ve önem dereceleri	20
Çizelge 3.3. Hazır salça üretimi için planlama matrisi	21
Çizelge 3.4. Hazır salça üretiminin teknik gereksinimleri ve ilişkiler matrisi	23
Çizelge 3.5. Hazır salça üretimi için korelasyon matrisi	24
Çizelge 3.6. Hazır salça üretiminin teknik değerlendirmesi	25
Çizelge 3.7. Örnek 3.2'nin fonksiyonel ihtiyaçları.....	36
Çizelge 3.8. Örnek 3.2'nin bilgi içeriği	38
Çizelge 5.1. Ankette kullanılan semboller ve açıklamaları.....	46
Çizelge 5.2. Anket sonuçları.....	47
Çizelge 5.3. Korelasyon matrisi sonuçları.....	48
Çizelge 5.4. Müşteri beklentilerinin ortalamaları ve standart sapmaları.....	50
Çizelge 5.5. Güvenilirlik analizinin sonuçları.....	51
Çizelge 5.6. Soru 1 çıkarılarak yapılan güvenilirlik analizinin sonuçları.....	51
Çizelge 5.7. Soru 19 çıkarılarak yapılan güvenilirlik analizinin sonuçları.....	52
Çizelge 5.8. Soru 16 çıkarılarak yapılan güvenilirlik analizinin sonuçları.....	53
Çizelge 5.9. Kalite evininde kullanılacak müşteri istekleri.....	54
Çizelge 5.10. Müşteri önem derecesi tablosu.....	55
Çizelge 5.11. Yüzde önem oranları.....	56
Çizelge 5.12. Korelasyon derecesi sembolleri.....	56
Çizelge 5.13. Teknik gereksinimlerin analizi.....	57
Çizelge 5.14. Hareketli başlık tasarım aralıkları.....	65
Çizelge 5.15. Hareketli başlık bilgi içerikleri.....	72
Çizelge 5.16. Yastık özellikli başlık tasarım aralıkları.....	72
Çizelge 5.17. Yastık özellikli başlık bilgi içerikleri.....	77
Çizelge 5.18. Bağımsız tablet tasarım aralıkları.....	77
Çizelge 5.19. Bağımsız tablet bilgi içerikleri.....	82
Çizelge 5.20. TV monitörü tasarım aralıkları.....	82
Çizelge 5.21. TV monitörü bilgi içerikleri.....	85
Çizelge 6.22. Toplam bilgi içeriği tablosu.....	86

1. GİRİŞ

Dünyada her geçen gün rekabetin artması ile firmalar yeni stratejiler oluşturma çabası içine girmiştir. Sadece fiyat gibi faktörlere bağlı rekabet politikalarının işe yaramadığını anlayan şirketler; yüksek kalite, verimlilik, hız, çevre yönetimi, ürün çeşitliliği ve esneklik gibi kavramları rekabet savaşında birer silah olarak kullanmayı öğrenmiştir.

Firmaların büyüklük derecesi müşteri çevreleri ile doğru orantılıdır. Bir yandan varlıklarını sürdürmeye devam ederken diğer yandan müşteri sesini yansıtan yeni tasarım çalışmaları ile rakipleri ile aralarında fark yaratma uğraşı içindedirler. Bu zorlu hayatta kalma savaşı içinde bulunan çözüm, müşteri gereksinimlerinin ön planda olduğu kaliteli ürünler tasarlamak ve “ilk seferde doğru üretim yapma” kavramını kalite felsefesi olarak benimsemek olmuştur. Sanayide yerleşen kalite kavramı ile ıskarta ve yeniden işleme maliyetleri ortadan kalkacağından maliyetler azalacak, ürünün hazırlanma süresi kısıllanacak ve zamanında teslim ile müşteri memnuniyetleri artacaktır.

Sadece süreç iyileştirmenin yeterli olmadığı anlaşıldığında tasarımda altı sigma yaklaşımı geliştirilmiştir. Bu yaklaşım ile sürekli aynı ürün ve süreçlerdeki gelişmenin yeterli olmadığı, rekabet gücünün artması için yeni tasarımlara yönelimin olması gerektiği savunulmuştur.

Tasarım süreci zor ve karmaşık bir karar alma sürecidir. Karar vericiler çoğu zaman birçok kriteri bir arada değerlendirmek zorundadırlar. Her bir alternatif tasarımın birbirinden üstün oldukları özellikleri, farklı teknik kapasiteleri ve maliyetleri bulunmaktadır. Birden fazla kriterin birden fazla karar verici tarafından değerlendirildiği düşünüldüğünde, tüm karar vericilerin kabul edeceği bir kararı vermenin ve bu kararın en uygun karar olmasının zorluğu ortadadır.

Bilim insanları tarafından geliştirilmiş olan tasarım araçları, tasarımcıya izlemesi gereken yolu ve yöntemi göstererek hem zaman hem emek açısından kolaylık sağlamıştır. Burada tasarımcıya düşen hangi aracı hangi adımda uygulaması gerektiğini bilmek ve bu araçları doğru bir şekilde kullanabilmektir. Bu çalışmada tasarım

süreçlerine uygulanan kalite fonksiyonu yayılımı (QFD) aracı ile müşteri gereksinimlerinin ve bunlarla teknik gereksinimler arasındaki ilişkinin analizi yapılarak tasarımının ilk aşamalarında öncelikli tasarım kriterlerinin ele alınması sağlanacaktır. Elde edilen alternatif tasarımların karar verme sürecinde ise aksiyomatik tasarım uygulanarak en iyi tasarımın hayata geçirilmesi amaçlanmaktadır.

2. TASARIMDA ALTI SİGMA (DFSS)

2.1.Tasarımda Altı Sigma (DFSS) nedir?

Kuruluşların başarısı, ürettikleri ürün ve hizmetlerin zamanında ve en düşük maliyetle gerçekleştirilme ve fonksiyonunu yerine getirebilme yeterliliği ile doğrudan bağlantılıdır. Ürün maliyetinin %75'i tasarım aşamasında belirlenmektedir. Dolayısıyla tasarımda yapacağımız iyileştirmeler rakiplerinize karşı önemli üstünlükler sağlayacaktır. Altı Sigma metodunu başarı ile uygulayan firmaların en önemli kazançları 'Design For Six Sigma' (Tasarım Süreçlerinde Altı Sigma) uygulamalarından elde edilmektedir.

Müşteri odaklı tasarım, müşterinin istekleri doğrultusunda bir süreç tasarımı yapmayı gerektirir. Bu tasarım süreci birkaç adımdan oluşur. Bu adımlar, en iyi sonuca ulaşmak için, tasarlama, değerlendirme ve en iyi tasarım çözümlerini seçme sıralamasını içeren zor süreçlerdir. Tasarım ve üretim varlıklarında genellikle iki anlayış bulunmaktadır. Birincisi uygun ve sağlıklı varlıklar tasarlayarak en başta kalite seviyesini yüksek tutmak (yangın önleme-fire prevention), ikincisi elindeki kaynakları kullanarak süreçteki problemleri çözmektir (yangın söndürme-firefighting). Ne yazık ki ikinci anlayış işletmedeki insan gücü ve kaynakların büyük bir kısmının kullanılmasına neden olmaktadır. DFSS felsefesi her iki anlayış için tasarımlar yapmayı amaçlamaktadır.

DFSS, farklı alanların algı ve anlayış biçimlerindeki temel bilgi konularını ve bu temel konular arasındaki ilişkileri içeren bilimsel bir teoridir. Tasarım varlıklarında bu algı ve ilişkiler, üretim gözlemleri ve tahmin sonuçlarına göre birleştirilir. DFSS temel bilgi alanları; önerme ve hipotezlerinin bir karışımını, olayların ya da nesnelere sınıflandırılmasını, kavramların oluşturulmasını ve aksiyomatik tasarım, TRIZ, empirik istatistiksel ve matematiksel modeller gibi araçları içermektedir. Bu gibi bilgi ve ilişkiler bizim DFSS teorimizi oluşturur. Bu teori diğer metodların teorik sistemi üzerine kuruludur ve içinde temel bilgi alanlarının ele alındığı iki biçimden biri olabilir: aksiyomlar veya hipotezler.

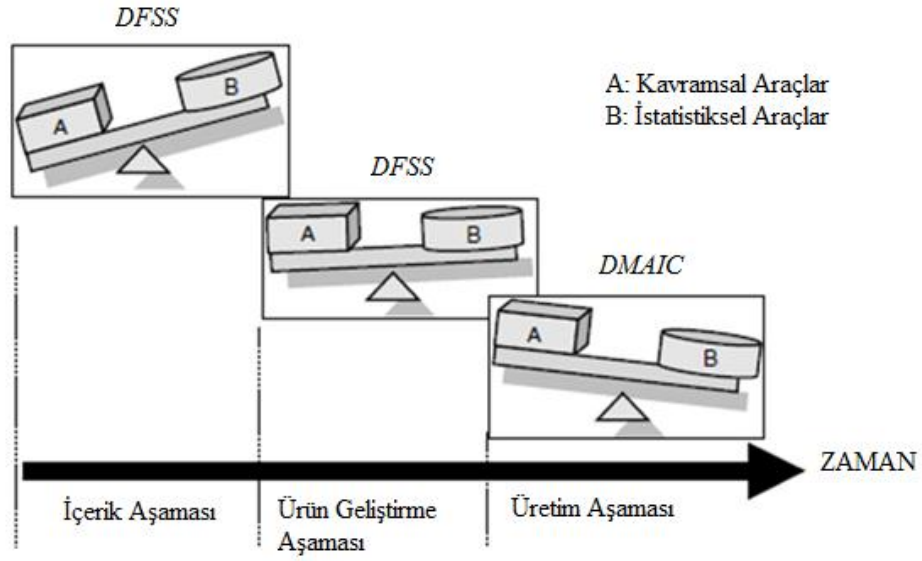
Doğruluğu genel olarak kabul görmüş, test edilemeyen temel bilgi, aksiyom olarak kabul edilir. Eğer bu temel bilgi alanları test ediliyorsa, hipotez olarak ele alınır. Tasarım aksiyomları ve TRIZ hipotezleri, DFSS teorisinde temel bilginin örnekleridir.

DFSS'nin esas amacı, üretim akışının devamındaki acı deneyimlerden kaçınmak için "ilk seferde doğru tasarlamak"tır. DFSS bağlamında "Altı Sigma" terimi, tasarım kırılganlıklarının etkili olmadığı veya minimum olduğu seviye olarak tanımlanabilir. Genellikle, tasarım varlığının kalitesini iki temel tasarım kırılganlığı etkileyebilir:

- Tasarım aksiyomları ve prensipleri nedeniyle oluşan kavramsal kırılganlık.
- Kullanım ortamındaki kuvvet eksikliğinden kaynaklanan operasyonel kırılganlık.

Operasyonel kırılganlığın elimine edilmesi veya azaltılması, altı sigma'yı içeren kalite girişiminin amacıdır.

Belirgin bir şekilde benimsendiğinde DFSS'nin amacı, tasarım kırılganlığının her iki kaynağının etkisinin tahmin edilmesiyle "ilk seferde doğru tasarlamak"tır. Bu, mükemmel amaca ulaşmak ve onu sürdürmek, analitik ortalamalar ile şirketlerin desteklenmesini gerektirir. Altı Sigma felsefesini kullanan birçok şirket, kendi DFSS görüşünü oluşturur. Yazarların görüşü şudur ki; DFSS'yi uygulamada önder birçok şirkette DFSS hakkındaki düşüncelerin çoğu, DMAIC metodolojisi ve "müşterinin sesi" araçları toplamının farklı şekillerde birleştirilmesine doğru kaymıştır. DMAIC ile DFSS'nin birlikte kullanımıyla süreçlerdeki gelişmeler de artar. Bununla birlikte kullanılan araçların karmaşıklığı bu artışta önemli bir faktördür (Örneğin basit yerine çoklu regresyon). Bu yöntem, tasarım birimlerinde altı sigma gücünün başarısını garanti etmez. Ayrıca, tasarımın başlangıç aşamasında verinin elde edilemeyeşinden dolayı, mevcut altı sigma araçlarının çoğu kullanışsız olabilir. Bundan dolayı, DFSS, tasarım sürecinde dikkate alınması gereken yeni araçlara dayanmaktadır. Bu bağlamda, önerilen DFSS stratejisi Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Tasarım varlığı aşamalarında DFSS stratejisi (Yang ve El-Haik, 2003)

DFSS teorisi, “ilk seferde doğru tasarlamak” prensibine göre her iki tip tasarım kırılgenliğini hedef alır. Bu işin zor tarafıdır. Bu amaç, sadece varlık tasarımını değil ayrıca onu üreten gelişimsel süreçleri de hedefleyen genişletilmiş DFSS yayılımı tarafından başarılabilir. İşin kolay tarafı ise, DFSS, bu felsefeyi uygulayan şirketi, mevcut ve eski paradigmalardan sarsılması, bir zamanda bir proje başarısının inşa edilmesi, insanların değiştirilmesi ve motive edilmesi ve bir karar verme kültürü, zengin bir altı sigma kültürü için yeni paradigmalardan inşa edilmesi gibi kültürel bir değişikliğe sürükler.

2.2.Neden Tasarımda Altı Sigma?

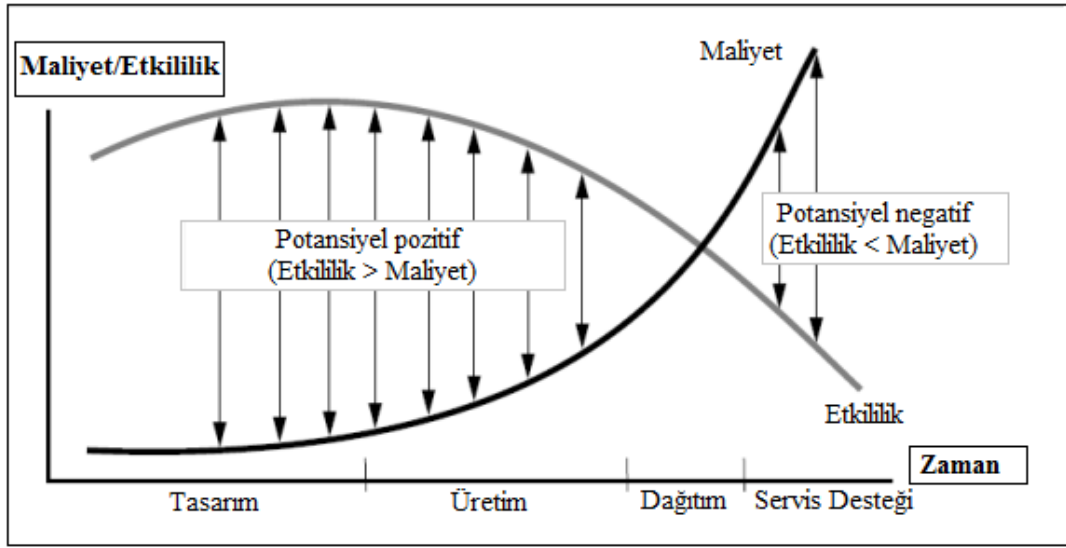
Operasyonel kırılgenlikler, kritik kalite karakteristiği (Critical to Quality-CTQ) gereksinimlerinden, değişkenlik azaltma ve ortalama düzeltmeyi bir amaç olarak seçer. Bunlar bilginin pek çok alanının konusu olmaktadır (Taguchi, altı sigma DMAIC, tolerans tasarımı/toleranslama teknikleri ile geliştirilen güçlü bir tasarım metodu gibi). Tolerans araştırması, operasyonel kırılgenliklerin kalbindedir. Tolerans araştırması, geometrik ve maliyet modelleri kadar tasarım parametrelerindeki ve süreç değişkenlerindeki tolerans ataması, üretim süreçlerinin değerlendirilmesi ve kontrolü ve ölçüm sistemleri ile de ilgilenir.

Kavramsal kırılmalıklar, uyumlu bir sistematiik yaklaşımın eksikliği, tasarımıcının bilgisizliği, termin zamanının baskısı ve bütçe sınırları nedeniyle, ideal çözümlerin araştırılması sırasında genellikle gözden kaçar. Maalesef, bu durum tasarımı yaygın olarak operasyonun “yangın söndürme” biçimi olarak bilinen “tasarım-test-onarım-yeniden test” sonsuz döngüsüne doğru sürükler. Bu uygulamaları takip eden şirketler, genellikle, yüksek geliştirme maliyetlerinden, pazarlama için daha uzun süreden, düşük kalite seviyelerinden ve sınırdaki rekabet üstünlüğünden olumsuz etkilenirler. Düzeltici faaliyetler, kavramsal kırılmalıklar üzerinden operasyonel kırılmalıkları iyileştirme imkânı geliştirmek için kullanışlı değildir ama çok az miktarda etkilidir. Ancak, bu düzeltici faaliyetler masraflıdır ve uygulanması zordur. Bu nedenle, kavramsal aşamada DFSS uygulamak bir amaçtır. Kalite kavram ve metotları ile sistematiik tasarım metotları ilave edildiğinde bu amaç gerçekleştirilebilir. DFSS'nin amacı, kavramsal ve operasyonel tasarım kırılmalıklarının elimine edilmesi ve azaltılması için araçlar ve metotlar türetmek ve entegre etmektir.

Genel olarak, mevcut tasarım metotlarının çoğu deneyseldir. Tasarım topluluğu en iyi fikirlerini ortaya koyar. Ancak, tasarımın bilimsel dayanağı sübjektif yargıya dayandığı için sonuç yeterli değildir. Bir şirket, müşteri memnuniyetine zarar veren davranışların sonucu olarak zarar görürken, görüş ve deneyim optimal bir altı sigma çözümlü bulmak için yeterli olmayabilir. Böyle ihtiyaçlar DFSS metodu için başka bir motivasyon nedenidir.

Tasarım yaşam döngüsünün sonraki aşamalarında, performans, geliştirmeden daha çok proje başlangıcında gerçekleşen ürün geliştirme aşamalarındaki daha yüksek soyutlama (çözümlemeyi engelleme) seviyesine kaymaya başlar. Buna dikkat edilmelidir. Bu kayma, toplam maliyet ve sistem kalitesi üzerinde en büyük etkiye sahip olan, tasarım yaşam döngüsünün başlangıç aşamaları sürecinde alınan tasarım kararlarından da etkilenir. Toplam maliyetin %80'inin kavram geliştirme aşamasında olduğu iddia edilmektedir. Ürün geliştirmeyi içeren üretimin araştırma alanları, siparişlerin teslim edilme süresinin kısaltılması, geliştirme ve üretim maliyetlerinin azaltılması, daha düşük toplam yaşam döngüsü maliyeti ve ürün, hizmet ve/veya süreçlerdeki tasarım varlığının kalitesinin iyileştirilmesidir. Toplam maliyetin %80 kadarının ilk aşamalarda

oluşturduğunun bir gösterimi Şekil 2.2’de verilmiştir. Potansiyel, bir aşamadaki tasarım çalışmalarının etkinliği ile o aşamaya kadar olan toplam geliştirme maliyeti arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. Başlangıçta potansiyel pozitiftir, zamanla tasarımın gelişimi azaldıkça etkinlik azalmaya başlar. Finansal kaynaklar ayrıldığında (örn: üretim makinelerinin ve tesislerin alınması, işgücü alımı), potansiyel, pozitiften negatife doğru değişmeye başlar. Müşterinin elindeki potansiyel negatif olur ve maliyet olağanüstü düzeyde etkinliği aşar.



Şekil 2.2. Yaşam döngüsünde tasarım aşamalarının etkinliği (Yang ve El-Haik, 2003)

2.3. Tasarımda Altı Sigma (DFSS) Uygulama Adımları

DFSS aşağıdaki dört aşamadan oluşmaktadır:

- (Identify requirements) Gereksinimlerin belirlenmesi
- (Characterize the design) Tasarımın karakterize edilmesi
- (Optimize the design) Tasarımın en iyilenmesi
- (Verify the design) Tasarımın doğrulanması

2.3.1. Gereksinimlerin belirlenmesi

DFSS projeleri, bir varlığın tasarımı ve yeniden tasarımı olarak sınıflandırılabilir. “Yaratıcı tasarım” terimi, yeni tasarım, karalamadan tasarım, bir veri ile yeniden tasarım veya tasarım için artan tasarım olarak kullanılmaktadır. Son durumda bazı veriler, tasarım gereksinimlerinin artırılması için kullanılabilir. Veri ile yeniden tasarımın sapma derecesi, ilgili verinin kullanılabilirliğine karar verilmesinde anahtar faktördür.

Adım 1: Proje kartının tasarlanması.

Bu adım, altı sigma DMAIC projesindeki ile hemen hemen aynıdır. Bununla birlikte, proje süresi genellikle daha uzundur ve başlangıç maliyeti genellikle daha yüksektir. Daha uzun proje süresi, şirketin mevcut varlıklarını iyileştirmekten ziyade, farklı bir varlığı tasarlaması veya yeniden tasarlaması nedeniyle meydana gelmektedir. Başlangıç aşamasında müşteri taleplerinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yoğun olduğu için maliyetler yüksek olmaktadır. Tasarımın daha iyi olabilmesi için kritik tatmin karakteristiğinin (critical to satisfaction - CTS) uygun bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Altı sigma DMAIC felsefesinde, sadece bir kereliğine CTS'lerin çok sınırlı bir alt kümesinin geliştirilmesi üzerinde çalışılır.

Adım 2: Müşteri ve iş gereksinimlerinin tanımlanması:

Bu adımda, müşteriler tamamıyla tanımlanır. Müşteri ihtiyaçları kalite fonksiyonu yayılımı (quality function deployment-QFD) ve kano analizinin yardımıyla belirlenir ve analiz edilir. Daha sonra, tasarım ölçme ve değerlendirme için sırası ile en uygun CTS'lerin metrik kümeleri belirlenir. Yine QFD ve kano analizinin yardımıyla, her bir CTS için sayısal sınırlar ve hedefler oluşturulur.

Bu adımda yapılması gereken işlemler:

- Müşteri istek ve ihtiyaçlarının sağlanması için metotların belirlenmesi,
- Müşteri istek ve ihtiyaçlarının belirlenmesi ve bunların müşterinin sesi (voice of customer - VOC) listesine dönüştürülmesi,

- VOC listesinin fonksiyonel ve ölçülebilir gereksinimlere dönüştürülmesi,
- Gereksinimleri kesinleştirilmesi:
 - Minimum gereksinim tanımlarının oluşturulması,
 - “Müşteri-sağlanan gereksinimler”in belirlenmesi ve boşlukların doldurulması,
 - Uygulamanın ve kullanım ortamlarının onaylanması,
- Kritik kalite karakteristiği (CTQ), kritik teslim karakteristiği (CTD) ve kritik maliyet karakteristiği (CTC) vb. gibi CTS'lerin tanımlanması,
- CTS'lerin ölçümünün yapılması:
 - CTS'ler için ölçütlerin oluşturulması,
 - Kabul edilebilir performans seviyelerinin ve işletim pencerelerinin oluşturulması,
 - CTS'lerin yukarıdan aşağı doğru sıralanmasıdır.

Bu aşamada kullanılan DFSS araçları:

- Pazar/Müşteri araştırması,
- Kalite fonksiyonu yayılımı (QFD),
- Kano analizi,
- Risk analizidir.

2.3.2. Tasarımın karakterize edilmesi

Adım 1: Müşteri gereksinimlerinin (CTS), ürün/süreç fonksiyonel gereksinimlerine dönüştürülmesi.

Müşteri gereksinimleri, müşteriyi neyin tatmin edeceği konusunda fikir verirler, fakat doğrudan ürün veya süreç tasarımı için gereksinimler olarak kullanılamazlar. Müşteri gereksinimlerinin ürün/süreç fonksiyonel gereksinimlerine dönüştürülmesi gerekir. Kalite fonksiyonu yayılımı (QFD) bu dönüşümü sağlamak için kullanılabilir. Aksiyomatik tasarım prensibi bu adım için de çok yardımcı olacaktır.

Adım 2: Tasarım alternatiflerinin oluşturulması.

Yeni tasarım varlığı (ürün, hizmet ya da süreç) için fonksiyonel gereksinimler belirlendikten sonra, bu fonksiyonel gereksinimleri karşılayabilecek tasarım varlıklarının karakterize edilmesi gerekir. Genel olarak, iki olasılık vardır:

- I. Mevcut teknoloji ya da bilinen tasarım kavramı bütün gereksinimlerin tatminini karşılayabilmektedir; bu adım daha sonra neredeyse önemsiz hale gelmektedir.
- II. Mevcut teknoloji ya da bilinen tasarım kavramı bütün gereksinimlerin tatminini sağlayamaz, yeni bir tasarım kavramının geliştirilmesine ihtiyaç duyulur. Bu yeni tasarım mevcut tasarımdan sapmanın derecesini yansıtarak “yaratıcı” veya “daha iyi” olabilir. TRIZ metodu ve aksiyomatik tasarım bu adımda pek çok yenilikçi tasarım kavramının oluşturulmasına yardımcı olmaktadır.

Adım 3: Tasarım alternatiflerinin değerlendirilmesi.

Pek çok tasarım alternatifi, bu adımda türetilir. Bunları derlendirmeye ve hangi kavramın kullanılacağını saptamaya ihtiyacımız vardır. Tasarım değerlendirmede Pugh kavram seçim tekniği, tasarım değerlendirmeleri, tasarım kırılma analizi ve FMEA gibi pek çok metod kullanılabilir. Tasarım değerlendirmeden sonra, kazanan kavram seçilecektir. Değerlendirme süresince, başlangıçtaki tasarım kavramları kümesinin zayıflıkları açığa çıkarılır ve kavramlar yeniden gözden geçirilir ve geliştirir. Eğer tasarım sürecindeyse, süreç yönetim teknikleri aynı zamanda değerlendirme aracı olarak da kullanılabilir.

Bu aşamada kullanılan DFSS araçları:

- o TRIZ,
- o QFD,
- o Aksiyomatik tasarım,
- o Güçlü tasarım,
- o X için Tasarım,
- o DFMEA ve PFMEA (tasarım ve performans hata modu - etki analizi),

- o Tasarım değerlendirmesi,
- o CAD/CAE (bilgisayar-destekli tasarım/mühendislik),
- o Simülasyon,
- o Süreç yönetimidir.

2.3.3. Tasarımın en iyilenmesi

Bu aşamada, altı sigma performans seviyesinde ortaya konan bütün fonksiyonel gereksinimler ile tasarım varlığı optimize edilir. Kavram tasarımı sonlanıncaya kadar, hala düzeltilebilecek veya değiştirilebilecek pek çok tasarım parametresi olacaktır. Bilgisayar simülasyonu ve/veya donanım testi, DOE modellemesi, Taguchi'nin güçlü tasarım metotları ve cevap yüzeyi metodolojisinin yardımıyla, en uygun parametre ayarları belirlenir. Ürün DFSS projelerinde bulunan bu parametre optimizasyon aşamasını genellikle tolerans optimizasyon adımı izler. Amaç, üretim toleranslarını ayarlamak için mantıksal ve objektif temeller sağlamaktır. Eğer, DFSS ürün projelerinde genel bir durum olan, tasarım parametrelerinin kontrol edilemediği bir durumla karşılaşırsa, üretim süreç tasarımı için DFSS'in 1-3'üncü aşamalarının tekrar etmesi gerekebilir.

Bu aşamada kullanılan DFSS araçları:

- o Tasarım/simülasyon araçları,
- o Deney tasarımı,
- o Taguchi metodu, parametre tasarımı, tolerans tasarımı,
- o Güvenilirlik-tabanlı tasarım,
- o Güçlülük değerlendirmesidir.

2.3.4. Tasarımın doğrulanması

Parametre ve tolerans tasarımı tamamlandıktan sonra, bu aşama ile son doğrulama ve onaylama adımları gerçekleştirilir.

Adım 1: Pilot uygulama ve incelenmesi.

Hiçbir ürün veya hizmet, ilk pilot uygulama ve inceleme yapılmadan doğrudan pazara gitmemelidir. Pilot ve küçük ölçekli uygulamalarda tasarım hata modu-etki analizi (DFMEA) aracı kullanılarak tasarımın gerçek performansı test edip değerlendirilir.

Adım 2: Onaylama ve süreç kontrolü.

Bu adımda, yeni varlığın tasarım gereksinimlerini karşıladığından emin olmak için onaylama yapılır.

Adım 3: Ticari ürünün tam olarak pazara girişi ve yeni sürecin sahibine devredilmesi.

Tasarım varlığı doğrulandığında ve süreç kontrolü tamamlandığında, ticari ürün tam olarak piyasaya sunulabilir. Yeni varlık, destek süreçleriyle birlikte, tasarım ve süreç sahiplerine devredilebilir. Gereksinim ayarları, kontrol ve izleme sistemleriyle tamamlanabilir.

Bu aşamada kullanılan DFSS araçları:

- o Süreç yeterlilik modeli,
- o Deney tasarımı,
- o Güvenilirlik testi,
- o Poka-yoke, hata doğrulama (error proofing),
- o Güven analizi,
- o Süreç kontrol planı,
- o Eğitimidir.

3. TASARIMDA KULLANILACAK OLAN ARAÇLAR

3.1.Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD)

Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD), yeni ürün tasarımında ya da var olan bir ürünün iyileştirilmesinde kullanılan, müşteri istek ve gereksinimlerinin ürüne doğru yansıtılmasını sağlayan bir kalite geliştirme yöntemidir (Delice Kılıç ve Güngör, 2008).

QFD, yaratıcılarından biri olan Akao tarafından şöyle tanımlanmaktadır: QFD, müşteriye tatmin etmek ve müşterinin taleplerini tasarım hedeflerine ve üretim sırasında kullanılacak başıca kalite güvence noktalarına dönüştürmek amacıyla tasarım kalitesini geliştirmeyi amaçlayan bir yöntemdir. QFD, tasarım kalitesini ürün daha tasarım aşamasındayken güvence altına almanın bir yoludur (Delice Kılıç ve Güngör, 2008).

QFD aşağıdaki amaçların karşılamasını sağlamaktadır:

- Müşteri isteklerini firma teknik karakteristiklerine dönüştürmek,
- Aynı ürün üzerinde çalışan farklı fonksiyonlara bir iletişim ortamı yaratarak yatay iletişimi arttırmak,
- Üründe yapılacak ilerlemeleri önceliklendirmek,
- Hedef yenilikleri belirlemek,
- Rakipler ve rakip ürünlerle karşılaştırma olanağı sağlamak,
- Hedef maliyet azaltma alanlarını belirlemek (Delice Kılıç ve Güngör, 2008).

Bu yöntem ile müşteri istek ve gereksinimlerinin öncelikleri belirlenmekte ve müşteri sesine göre ürünle ilgili özellikler önem sırasına göre sıralanmaktadır. Böylece tasarımcı ürünün tasarımında teknik ya da estetik nedenlerden dolayı müşteri istek ve gereksinimleri arasında tercih yapma durumunda kaldığı zaman, bu sıralamayı incelemekte ve bu sıraya göre ürünü tasarlamaktadır. Bunun sonucunda, hem zaman kaybı önlenmekte hem de ürün en çok istenilen özellikleri içerecek şekilde tasarlanmakta ve üretilmektedir (Delice Kılıç ve Güngör, 2008).

3.1.1. Kalite Fonksiyonu Yayılımı'nın tarihçesi

Kalite fonksiyon yayılımı kavramı ilk kez 1966 yılında Akao tarafında ileri sürülmüş ve 1967 yılında yayınlanmış makalesinde daha da geliştirilmiştir (Revelle ve ark., 1998). 1972 yılında Akao "Standartization and Quality Control" dergisinde yayınlanmış "New Product Development and Quality Assurance – Quality Deployment System" adlı makalesinde kavramı ve önceki yayınlardaki tecrübelerini bir araya getirerek bu yaklaşımı sistemli şekilde açıklamıştır. Akao'nun yaklaşımı tasarım kalitesinin yaratılması için yetersiz kalmıştır. Bu yetersizlik aynı yılda Mitsubishi Heavy İnsutries şirketinin Kobe tersanesinde yaratılmış kalite tabloları ile giderilmiştir. Kobe tersanesinde Dr. Mizuno ve Dr. Furukawa tarafından yaratılmış olan bu tablolarda gerçek kalitenin (müşteri isteklerinin) fonksiyonlara dayanarak sistemleştirilmesi ve bu fonksiyonlarla kalite karakteristikleri arasında ilişkiler gösterilmiştir (Akao, 1997). Kobe tersanesindeki uygulamalar literatürde QFD'nin ilk uygulamaları olarak nitelendirilmektedir.

Kobe tersanesinde yaratılmış kalite tabloları, Japon Bilim Adamları ve Mühendisleri Birliği'nin (JUSE) yayını olan "Quality Control" dergisinin mayıs 1972 özel sayısındaki Koichi Nishimura'nın "Ship Design and Quality Chart" ve Yasuyuki Suzuki'nin "Endeavor of Design İmprovement for Large Diesel Engine For Ships" adlı makalelerinde ayrıntılı olarak açıklanmıştır (Seyhan, 2005).

1978 yılında Akao ve Mizuno'nun editörlüğünü yaptıkları "Quality Function Deployment: An Approach to Company – Wide Quality Control" adlı kitap JUSE tarafından yayınlanmıştır (Revelle ve ark., 1998). QFD konusundaki ilk kitap olarak nitelendirilen bu eser 1994 yılında Glenn Mazur tarafından "QFD: The Customer – Driven Approach to Quality Planning and Deployment" adı altında İngilizceye tercüme edilmiştir (Seyhan, 2005).

QFD'nin otomotiv sanayindeki ilk uygulamaları 1975 yılında başlamış olan Hino Motors (Toyota Grubu) ve Toyota Auto Body'nin yaptığı uygulamalardır. İlk kez Toyota Auto Body'nin oluşturduğu kalite tablolarında çatı matrisi kullanılmış ve

Tsuneo Sawada 1979 yılında Japon Kalite Kontrol Topluluğunun araştırma konferansında sunuş yaparken kalite tabloları için ‘Kalite Evi’ terimini kullanmıştır (Revelle ve ark., 1998; Akao, 1997).

QFD’nin hizmet işletmelerindeki ilk uygulaması 1981 yılında Ohfuji, Noda ve Ogino şirketleri tarafından yapılmıştır (Mazur, 1993).

QFD’nin ABD’ye sunumu 1983 yılında Furukawa, Kogure ve Akao’nun verdiği ve seçkin ABD şirketlerinden 80 kalite Güvence yöneticisinin katıldığı dört günlük seminer aracılığıyla olmuştur. Ayrıca, aynı yılın ekim ayında Amerikan Kalite Kontrol Topluluğu’nun (ASQC) aylık dergisi olan “Quality Progress” de Kogure ve Akao’nun “Quality Function Deployment and CWQC in Japan” adlı makalesinin yayımlanması yöntemin ABD’ye tanıtılmasında büyük rol oynamıştır (Seyhan, 2005).

1987 yılında Bob King’in “Better Design in Half The Time: Implementing QFD in America” kitabının basılması ve 1988’de Harvard Business Review dergisinin Mayıs – Haziran sayısında John Hauser ve Don Clausing’in “The House of Quality” adlı makalelerinin yayımlanması QFD’nin ABD’de daha geniş tabana yayılmasına katkıda bulunmuştur.

1987 ve sonraki birkaç yılda Akao İtalya’da Galgano & Associati şirketinde QFD konusunda konferans vermek üzere davet edilmiştir. 1993’te 1.Avrupa KFY Sempozyumu’na ev sahipliği yapan İtalya Avrupa’da QFD’yi gerçekleştiren ilk ülke olmuştur (Akao, 1997).

Ülkemizde ilk QFD uygulaması Arçelik firmasında Araştırma Geliştirme Merkezi (AGM) tarafından 1994 yılında bulaşık makineleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. 1995 yılında No- frost buzdolabı, çamaşır makineleri ve elektrikli süpürgeleri üzerinde de QFD uygulamaları yapılmıştır.

Türkiye’de ilki 2002 yılında olmak üzere her yıl İzmir’de Ulusal Kalite Fonksiyon Göçerimi Sempozyumu düzenlenmektedir. Bu uygulama ile ülkemizde QFD tanıtımı ve uygulamaları yaygınlaşmaktadır. (Ardıç ve ark., 2008)

3.1.2. Kalite Fonksiyonu Yayılımı’nın uygulama adımları

QFD temelde dört aşamadan oluşan bir süreçtir:

Planlama: Planlama adımı müşterilerin net bir şekilde tanımlanmasıdır. Eğer müşterilerin açıkça tanımı yapılmazsa; müşteri isteklerinin belirlenmesinden başlayarak takım üyelerinin farklı müşterilere yönelmesinden ortaya çıkan anlaşmazlıklar oluşur. Müşterilerin belirlenmesi süreci iki aşamadan oluşur. İlk olarak bütün olası müşteriler tanımlanır, ikinci aşama olarak, ana müşteri gurubu tanımlanır.

“Müşterinin Sesi”nin toplanması: İlk aşamada isteklerine cevap verilecek müşteriler belirlendikten sonra bu müşterilerin isteklerinin neler olduğunun tespit edildiği ikinci aşamaya geçilir. Müşteri isteklerini belirlemede kullanılan en yaygın yöntem anket yapmaktır. Müşteri sesini simgeleyen liste belirlendikten sonra bunların önceliklerini belirlemek gerekir. Böylece tasarım aşamasında aynı maliyeti taşıyan iki müşteri gereksinimi arasında önceliği yüksek olana ağırlık vermek tasarımı müşterinin gözünde daha ileriye taşıyacaktır.

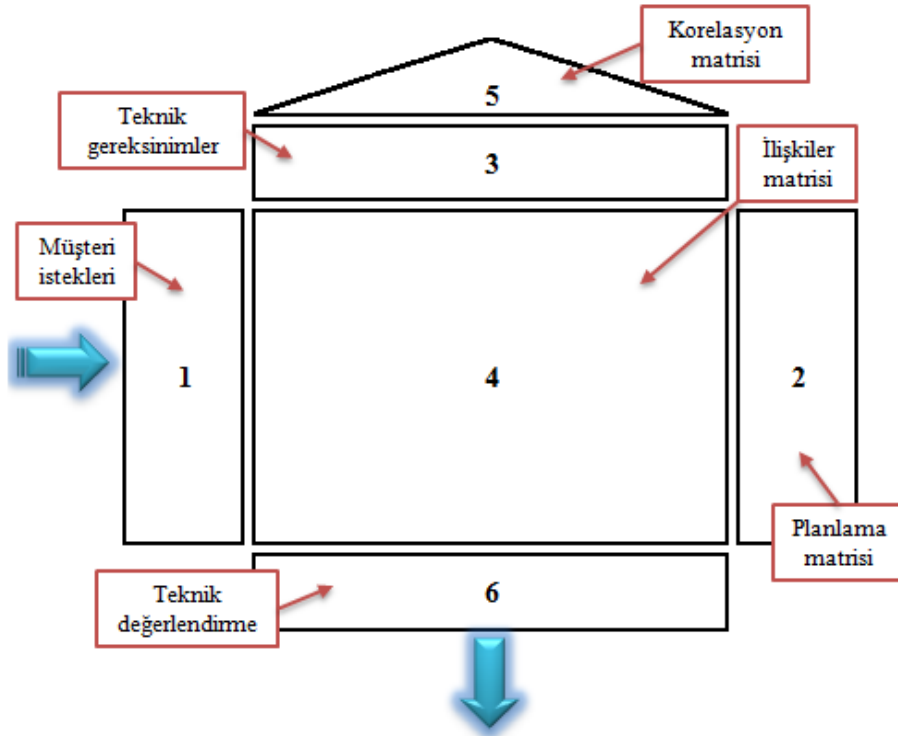
Kalite evinin oluşturulması: QFD’de kullanılan ve kalite evi olarak bilinen grafiksel gösterim zengin ve kolay ulaşılabilen bir bilgi bankasıdır. Kalite evi, müşteri istekleri ile bunları karşılamaya yönelik olarak belirlenen kalite karakteristiklerini ilişkilendirmeye, kalite karakteristiklerini objektif ölçülere dayalı olarak karşılaştırmaya ve aralarındaki olumlu ya da olumsuz korelasyonları belirlemeye yarayan bir matrisler setidir. Bu net iletişim mekanizması, geleneksel geliştirme dokümanlarına kıyasla temel gerçeklerin zamanında ve doğru oluşmasını sağlar (Delice Kılıç ve Güngör, 2008).

Kalite Evi dört farklı bilgi kullanılarak elde edilmektedir. Bu bilgiler aşağıda belirtilen sorulara alınan cevaplardan oluşmaktadır:

- o Müşteriler için önemli olan nedir?
- o Müşteriler için önemli olan faktörler nasıl sağlanır?
- o Neler ile nasıllar arasında ilişki var mıdır, var ise gücü nedir?
- o Müşteriyi tatmin etmek için nasıllardan ne kadar kullanılmalıdır?

Bu sorulardan alınan cevaplardan oluşan bilgilere göre kalite evi dört bölümden oluşmaktadır: (1) Ne kısmı (2) Nasıl kısmı (3) ilişkiler kısmı (4) Ne kadar kısmı. Örnek bir kalite evi Şekil 3.1'de gösterilmiştir ve kalite evinin oluşturulmasında izlenen adımlar aşağıda açıklanmaktadır:

1. Müşteri isteklerinin ve önem derecelerinin belirlenmesi,
2. Planlama matrisinin oluşturulması ve analizi,
3. Teknik gereksinimlerin belirlenmesi,
4. Müşteri ihtiyaçları ve teknik gereksinimler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi,
5. Teknik gereksinimler arasındaki korelasyonun belirlenmesi,
6. Teknik değerlendirmelerin yapılması ve hedeflerin belirlenmesi,
7. Sonuçlara dayalı olarak geliştirme projesinin planlanması.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.1. Kalite evi

Kalite evinde iki önemli kısım bulunmaktadır. Yatay ekseninde müşterilerle ilgili bilgilerin yer aldığı müşteri kısmı, dikey ekseninde müşteri bilgilerine cevap veren teknik kısım yer almaktadır.

Birinci aşamada belirlenen müşteri istekleri matrisinin “NE”ler kısmında yer alır.

İkinci aşamada oluşturulan planlama matrisi ile işletmenin kendi ürünü ile rakiplerinin ürünleri arasında kıyaslama yapabilmesi sağlanır. Firmanın kendi ürününün piyasadaki yerini görebilmesi açısından büyük önem taşır. Kalite evinin sağ tarafında yer alan planlama matrisinde işletme, kendisinin ve rakiplerinin ürünlerinin müşteri gereksinimlerini karşılama durumunu değerlendirir.

Kalite evinin amacı müşteri beklentilerini karşılayacak ürün tasarlamak ya da mevcut tasarımları geliştirmektir. Bu amaca yönelik bir uygulamada en önemli nokta müşteri beklentilerinin mühendislik aşamasında kullanılabilecek teknik tanımlara dönüştürülmesidir. Bu teknik tanımlar, kalite evinin ikinci katını oluşturur ve üçüncü aşamada matrise eklenir. Bu kısımdaki bütün tanımlar müşteri beklentileri kısmının maddelerinden en az biriyle ilişkili olmalıdır. Teknik gereksinimler matrisinin “NASIL”lar kısmında yer alır. “NASIL”lar süreçlerden, kişilerden, fonksiyonlardan, tesislerden ya da yöntemlerden oluşabilir. Belirlenmeleri için bütün bir örgütün bilgisine ihtiyaç vardır.

Dördüncü aşamada oluşturulan ilişkiler matrisinde her bir müşteri gereksinimi ile her bir teknik gereksinim arasındaki ilişki derecesi belirlenir. Yapılan işleme teknik gereksinimlerin müşteri isteklerine ne kadar katkıda bulunabileceğinin sayısallaştırılması denilebilir. İlişkiler matrisinin oluşturulmasındaki amaç her bir müşteri gereksinimini karşılayacak olan önemli teknik gereksinimlerin belirlenmesi ve bir sonraki aşamada yüksek öneme sahip tüketici gereksinimlerini üretime taşımak için kuvvetli ilişkiye sahip teknik gereksinimlerden yararlanmasıdır.

Beşinci aşamada teknik korelasyonlar belirlenir. Müşteri isteklerini karşılamak amacıyla belirlenen teknik karakteristikler arasında olumlu ya da olumsuz etkileşimler olabilir.

Yani bir teknik karakteristikte olumlu yönde bir gelişme sağlanması, bir diğerini olumlu ya da olumsuz yönde etkileyebilir. Korelasyon matrisinde her hücre iki farklı teknik karakteristik arasındaki korelasyonu temsil eder.

Çizelge 3.1. Korelasyon derecesi sembol ve anlamları (Eymen, 2006)

Korelasyon derecesi	Sembol ile	Sayı ile
Güçlü	\ominus	9
Orta	O	3
Zayıf	Δ	1

Korelasyon derecesini göstermek için Çizelge 3.1’de verilen semboller kullanılır. Bu semboller ile aynı zamanda teknik tanımlar arasındaki korelasyonun yönü de belirlenmiş olur. Birbirine zıt düşen teknik tanımlar farklı müşteri beklentilerinin sonucudur. bu kısımda belirlenen olumsuz korelasyonlar genellikle “aynı anda birbirine zıt iki fiziksel durumun gerçekleşmesi gerekliliği” şeklinde ortaya çıkar.

Son aşamada nihai kalite evi ortaya çıkar.

Sonuçların Analizi ve Yorumlanması: Kalite evinde elde edilen matrise göre projede izlenecek öncelikler belirlenir.

Örnek 3.1: Hazır salça üretimi (Eymen, 2006)

Adım 1: Müşteri beklentilerinin listesi

Bir anket çalışması düzenlenmiş ve değerlendirme sonucunda liste önem seviyeleri ile birlikte aşağıdaki gibi elde edilmiştir. Çizelge 3.2’de müşteri beklentileri ve isteklerine, önem derecesine göre 1 ile 10 arasında notlar verilmiştir:

Çizelge 3.2. Hazır salça üretimi için müşteri istekleri ve önem dereceleri (Eymen, 2006)

	Müşteri İstekleri	Önem Derecesi
Kap	Kapağın Kolay Açılması	8
	Sağlıklı Olası	10
	Ürünün Görünür Olması	7
	Dayanıklılık	8
Salça	Temiz Üretim	10
	Küflenme	8
	Salça Kıvamı	7
	Renk	7
	Tat ve Koku	10

Adım 2: Planlama matrisinin oluşturulması

Çizelge 3.3’de verilen planlama matrisinde “Bugün” sütunu; firmanın ürününün her bir müşteri isteği ile ilgili olarak, müşteriler tarafından nasıl algılandığını göstermektedir. Örnekte; “1: en kötü, 5: en iyi” şeklinde bir ölçek kullanılmaktadır. Örneğin “Temiz Üretim”i müşteri isteği açısından firma “5” olarak algılanmaktadır.

“Rakip A” ve “Rakip B” sütunları, aynı ürünü üreten pazardaki en iyi rakiplerin müşteriler tarafından nasıl algılandığını göstermektedir. “Temiz üretim” müşteri isteği bakımından A Firması “5” olarak algılanırken B Firması “4 olarak algılanmaktadır. Bu durumu göre firmanın, “Temiz Üretim” müşteri isteği bakımından Rakip A ile aynı, Rakip B’den ise daha iyi konumda olduğu ortaya çıkmaktadır.

“Hedef” sütunu ise firmanın bugünkü durumuna ve rakiplerin müşteriler tarafından nasıl algılandığına bağlı olarak, firmanın kendisini nasıl algılamasını istediğiyle ilgili olarak belirlediği bir hedeftir. Birinci müşteri isteği bakımından firma her iki rakibine göre daha iyi olarak algılandığı için firma hedef değerini değiştirmemiş, ancak “dayanıklılık” müşteri isteği bakımından firma kendisinden daha iyi durumda olan rakipleri gibi algılanmasını istediğinden “5” hedef değerini seçmiştir.

Çizelge 3.3. Hazır salça üretimi için planlama matrisi (Eymen, 2006)

Müşteri İstekleri	Müşteri Önem Derecesi	Firma Bugün	Rakip A	Rakip B	Firma Hedef	İlerleme Oranı	Satış Noktası	Önem Puanı	Yüzde Önem
Kapağın Kolay Açılması	8	4	3	3	4	1	1	8	7
Sağlıklı Olması	10	5	4	5	5	1	1,5	1,5	13
Ürünün Görünür Olması	7	4	5	4	4	1	1	7	6
Dayanıklılık	8	3	4	5	5	1,7	1,2	16,32	14
Temiz Üretim	10	5	5	4	5	1	1,2	12	11
Küflenme	8	1	1	2	3	3	1	24	21
Salça Kıvamı	7	4	3	3	4	1	1	7	6
Renk	7	3	5	4	4	1,3	1	9,1	8
Tat ve Koku	10	3	4	4	4	1,3	1,2	15,6	14
Toplam								114,02	100

Hedef belirlenirken önem derecesi sütununa bakarak, müşterinin ilgili müşteri isteğine verdiği önemin göreceli puanına da bakmak gerekir. Zira eğer müşterilerin herhangi bir isteklerine verdikleri önem düşükse, bu nitelik bakımından firmayı rakiplerine göre “daha kötü olarak da algılasalar, hedef rakiplerinininkine yetişecek oranda yüksek seçilmeyebilir.

“İlerleme Oranı” sütunu, “hedef” sütunundaki değer “Bugün” sütunundaki değere bölümü ile hesaplanır. “Kapağın kolay açılması” müşteri isteği için ilerleme oranı; İlerleme Oranı: $4 / 4 = 1$ şeklinde hesaplanır.

“Satış Noktası” sütununda, satırlardaki müşteri isteklerinde bir ilerleme yapmanın, satırlarda da bir ilerleme meydana getirip getirmeyeceği görülür. Yukarıdaki örnekte “Kapağın kolay açılması” müşteri isteği için satış noktası puanı “1” seçilmiştir. Dolayısıyla kapağın kolay açılmasının satışlara etkisi olmayacağı söylenebilir.

Önem puanı sütunu; önem derecesi, ilerleme oranı ve satış noktası puanlarının çarpımından oluşur. Birinci müşteri isteği için önem puanı şu şekilde belirlenebilir:

$$\text{Önem Puanı: } 8 \times 1 \times 1 = 8$$

Yüzde önem derecesi sütunu ise, “önem puanı” sütunundaki değerlerin normalize edilmesiyle bulunur. Yani her bir müşteri isteğine ait önem puanı, önem puanı sütunu toplamına bölünür. Böylece müşteri istekleri içindeki yüzde önemleri hesaplanmış olur.

Adım 3-4: Teknik gereksinimlerin ve ilişkiler matrisinin oluşturulması.

Sonraki aşama olarak müşteri gereksinimlerini karşılayacak olan önemli teknik gereksinimler Çizelge 3.4’de verilmiştir. Yüksek öneme sahip tüketici gereksinimlerini üretime taşımak için kuvvetli ilişkiye sahip teknik gereksinimlerden yararlanılmaktadır.

Teknik önem derecesi, her teknik karakteristik için, planlama matrisinde hesaplanan “yüzde önem” değerleri ile ilişki puanlarının çarpımlarının toplamını bularak hesaplanır.

Örnekteki vakumlama için teknik önem derecesini, önem puanları ve Çizelge 3.1’deki korelasyon sembollerinin sayısal karşılığını kullanarak hesaplayacak olursak; $7 \times 9 + 14 \times 9 = 189$ sonucu bulunur. Bu şekilde her sütunun teknik önem dereceleri hesaplandığında ve toplamları bulunarak normalize edildiğinde ilişki matrisi ortaya çıkar.

Teknik önem dereceleri nispeten yüksek bulunan teknik karakteristikler, geliştirmede öncelik tanınacak teknik karakteristiklerdir. “Ayıklama-yıkama”, “üretim hattının temizliği”, “depolama sıcaklığı” ve “tuzlu üretim” öncelikli geliştirilmesi gereken teknik karakteristikler olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.4. Hazır salça üretiminin teknik gereksinimleri ve ilişkiler matrisi (Eymen, 2006)

Müşteri İstekleri	Müşteri Önem Derecesi	Vakumlama	Kolay açılır kapak sistemi	Üretim hattının temizliği	Görülebilir ambalaj	Ambalaj malzemesinin kalitesi	Tuzlu üretim	Ön ısıtma sıcaklığı	Elek delik çapı	Ayıklama yıkama	Evaporatör sıcaklığı	Soğutma	Depolama sıcaklığı	Yüzde Oranı
	Kapağın kolay açılması	8	⊖	⊖										
Sağlıklı olası	10			⊖		⊖	⊖			⊖				13
Ürünün görünür olması	7				⊖	⊖								6
Dayanıklılık	8	⊖		⊖						Δ			⊖	14
Temiz üretim	10		0	⊖	⊖				⊖	⊖				11
Küflenme	8			0			Δ			⊖				21
Salça kıvamı	7							⊖	⊖					6
Renk	7				0	0		⊖		⊖	⊖	⊖	⊖	8
Tat ve koku	10					0	⊖	⊖		⊖	⊖	⊖	⊖	14
Teknik Önem Derecesi	Σ3110	189	96	405	177	237	264	252	153	617	198	198	324	100
Normalize Teknik Önem Derecesi	100	6,1	3,1	13	5,7	7,6	8,4	8,1	5	19,9	6,3	6,3	10,5	

Adım 5: Korelasyon matrisinin oluşturulması

Çizelge 3.5’de salça üretimi için oluşturulan korelasyon matrisinde, teknik karakteristikler arasındaki olumlu ilişki P, olumsuz ilişki ise N harfleri ile gösterilmiştir.

Aşağıdaki matriste “görülebilir ambalaj” ve “ambalaj malzemesinin kalitesi” teknik karakteristikleri arasında pozitif bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Bu durum, görülebilir ambalajlar kullanıldıkça ambalaj malzemesinin kalitesinin artacağı sonucunu çıkarmaktadır. “Elek delik çapı” ile “ayıklama yıkama” teknik karakteristikleri arasında ise negatif bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Bu durumdan ise, elek delik çapının

büyüdükçe ayıklama ve yıkamanın azaldığını ya da daha iyi bir ayıklama yıkama için elek delik çapının küçülmesi gerektiği sonucu çıkarılabilir.

Çizelge 3.5. Hazır salça üretimi için korelasyon matrisi (Eymen, 2006)

Müşteri İstekleri	Müşteri Önem Derecesi	Korelasyon Matrisi											Yüzde Oranı		
		Vakumlama	Kolay açılır kapak sistemi	Üretim hattının temizliği	Görülebilir ambalaj	Ambalaj malzemesinin kalitesi	Tuzlu üretim	Ön ısıtma sıcaklığı	Elek delik çapı	Ayıklama yıkama	Evaporatör sıcaklığı	Soğutma		Depolama sıcaklığı	
Kapağın Kolay Açılması	8	⊖	⊖												7
Sağlıklı Olası	10			⊖		⊖	⊖			⊖					13
Ürünün Görünür Olması	7				⊖	⊖									6
Dayanıklılık	8	⊖		⊖						Δ			⊖		14
Temiz Üretim	10		0	⊖	⊖				⊖	⊖					11
Küflenme	8			0			Δ			⊖					21
Salça Kıvamı	7							⊖	⊖						6
Renk	7				0	0		⊖		⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	8
Tat ve Koku	10					0	⊖	⊖		⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	14
Teknik Önem Derecesi	Σ3110	189	96	405	177	237	264	252	153	617	198	198	324	100	
Normalize Teknik Önem Derecesi	100	6,1	3,1	13	5,7	7,6	8,4	8,1	5	19,9	6,3	6,3	10,5		

Adım 6: Teknik değerlendirme

Çizelge 3.6. Hazır salça üretiminin teknik değerlendirmesi (Eymen, 2006)

Müşteri İstekleri	Müşteri Önem Derecesi	Vakumlama	Kolay açılır kapak sistemi	Üretim hattının temizliği	Görülebilir ambalaj	Ambalaj malzemesinin kalitesi	Tuzlu üretim	Ön ısıtma sıcaklığı	Elek delik çapı	Ayıklama yıkama	Evaporatör sıcaklığı	Soğutma	Depolama sıcaklığı	Yüzde Oranı
Kapağın Kolay Açılması	8	⊖	⊖											7
Sağlıklı Olası	10			⊖		⊖	⊖			⊖				13
Ürünün Görünür Olması	7				⊖	⊖								6
Dayanıklılık	8	⊖		⊖						Δ			⊖	14
Temiz Üretim	10		0	⊖	⊖				⊖	⊖				11
Küflenme	8			0			Δ			⊖				21
Salça Kıvamı	7							⊖	⊖					6
Renk	7				0	0		⊖		⊖	⊖	⊖	⊖	8
Tat ve Koku	10					0	⊖	⊖		⊖	⊖	⊖	⊖	14
Teknik Önem Derecesi	Σ3110	189	96	405	177	237	264	252	153	617	198	198	324	100
Normalize Teknik Önem Derecesi	100	6,1	3,1	13	5,7	7,6	8,4	8,1	5	19,9	6,3	6,3	10,5	
Ölçüm Birimi		Mm/hg	Kuvvet	Kalori/g	Gözle kontrol	Gr/m ²	Gr	C	Mm	Gözle kontrol	C	C	C	
Firma Bugün		300	30	10	100	15	2,3	80	0,5	70	87	50	30	
Rakip A		30	40	5	10	15	2,5	70	0,5	80	85	55	30	
Rakip B		50	35	10	10	13	2,1	75	0,5	85	87	55	30	
Firma Hedef		29	40	15	10	15	2	75	0,5	90	85	45	25	

Teknik değerlendirmeler bölümünde, “üretim hattının temizliği” teknik karakteristiği incelendiğinde, firmanın Rakip B ile aynı durumda olduğu Rakip A’dan ise üretim hattının temizliği bakımından daha iyi durumda olduğu görülmektedir. Üretim hattının temizliği arttıkça sağlıklı ve güvenilir ürünlerin üretileceği düşünülerek, firma “üretim hattının temizliği” karakteristiğini yeterli bulmayıp bu hedefi 15 olarak seçmiştir. Firma “elek delik çapı” karakteristiği bakımından ise incelenecek olursa, rakipleri ile elek delik çaplarının aynı olduğu ve bu hedefin yeterli görülerek hedefte herhangi bir değişikliğin yapılmadığı görülmektedir.

Adım 7: Sonuçların yorumlanması ve değerlendirilmesi

Hazır salça üretimi için oluşturulmuş olan kalite evi Ek-1’de verilmiştir.

3.2.Aksiyomatik Tasarım

Aksiyomatik Tasarım, ürünler, sistemler ve süreçler için tasarım alanını bilimsel yapmak için Suh tarafından geliştirilmiş bir tasarım metodudur. Suh, tasarımı, “neyi gerçekleştirmek istiyoruz” ve “nasıl gerçekleştirebiliriz” sorularının etkileşimiyle tanımlar (Özel ve Özyörük 2007).

Aksiyomlarla tasarım yönteminin temel amacı, tasarımlar için bilimsel bir temel oluşturmak ve tasarımcıyı, mantıklı düşünce süreçleri ve araçları ile destekleyerek tasarım faaliyetlerini geliştirmektir. Aksiyomlarla tasarım yaklaşımı bu amacı gerçekleştirebilmek için tasarım uzayında sistematik arama sürecini sağlar. Sistematik arama süreci, rassal aramayı en aza indirir ve alternatif tasarım çözümleri arasından en iyisinin seçilmesini kolaylaştırır (Durmuşoğlu ve Kulak, 2004).

Aksiyomatik tasarımda kullanılan bazı terimlerin tanımı aşağıda verilmiştir:

Aksiyom: İspatı veya istisnası olmayan apaçık ve asıl gerçek. Bir aksiyom, kanunlardan veya doğanın prensiplerinden çıkarılamaz (Yılmaz, 2006).

Teorem: İspatlanmamış fakat kabul edilen aksiyomlarla kanıtlanabilen ve böylece bir kural veya özellik olarak belirlenen öneri (Yılmaz, 2006).

Fonksiyonel Gereksinimler (FR): Fonksiyonel sahada ürünlerin (yazılımlar, organizasyonlar, sistemler, vb.) fonksiyonel ihtiyaçlarını tümüyle tanımlayan bağımsız ihtiyaçların minimum seti (Yılmaz, 2006).

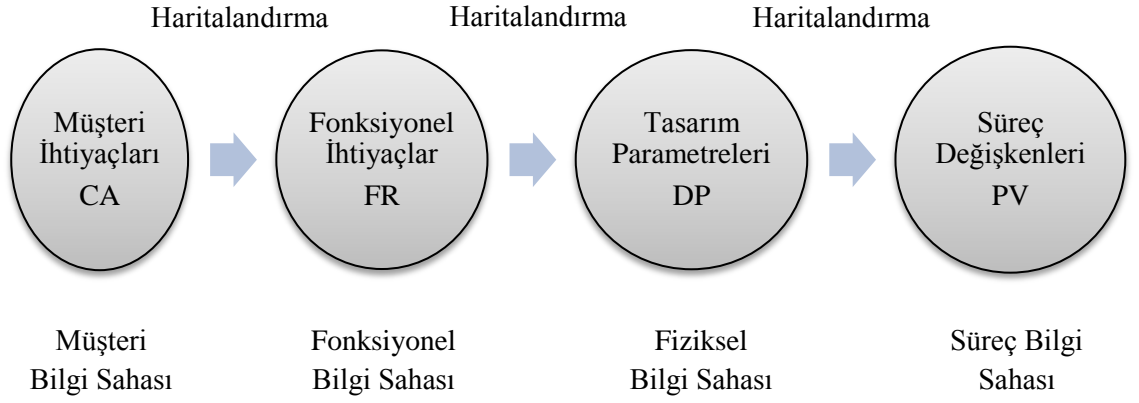
Kısıt (C): Kısıtlar, kabul edilebilir çözümler için gerekli sınırlama olarak tanımlanır. Kısıtlar tasarım özelliklerini sınırlandıran girdi kısıtları ve üretim sistemini sınırlandıran sistem kısıtları olarak sınıflandırılabilirler (Yılmaz, 2006).

Aksiyomatik tasarım yönteminin temel amacı, tasarımlar için bilimsel bir temel oluşturmak ve tasarımcıyı, mantıklı düşünce süreçleri ve araçları ile destekleyerek tasarım faaliyetlerini geliştirmektir. Aksiyomatik tasarım yaklaşımı bu amacı gerçekleştirebilmek için tasarım uzayında sistematik arama sürecini sağlar. Sistematik arama süreci, rassal aramayı en aza indirir ve alternatif tasarım çözümleri arasından en iyisinin seçilmesini kolaylaştırır. Aksiyomatik tasarım içinde en önemli kavram tasarım aksiyomlarının varlığıdır (Durmuşoğlu ve Kulak, 2004). Bu aksiyomlar aşağıda verilmiştir:

Bağımsızlık Aksiyomu: Fonksiyonel ihtiyaçların bağımsızlığını sağla.

Bilgi aksiyomu: Tasarımdaki bilgi içeriğini en aza indir.

Bağımsızlık Aksiyomu, tasarım amaçlarına ulaşmak için gerekli olan fonksiyonel ihtiyaçlar arasında bağımsızlığın sağlanması gerektiğini belirtir. Gerçek hayatta mühendisler, karmaşık bir problemi daha küçük alt problemlere ayırmaya ve bu küçük alt problemlere bağımsız çözümler bulmaya eğilimlidirler. Bu aksiyom, mühendislerin bu yöndeki ihtiyaçlarına etkin çözüm getirebilmektedir (Murat ve Kulak, 2005).

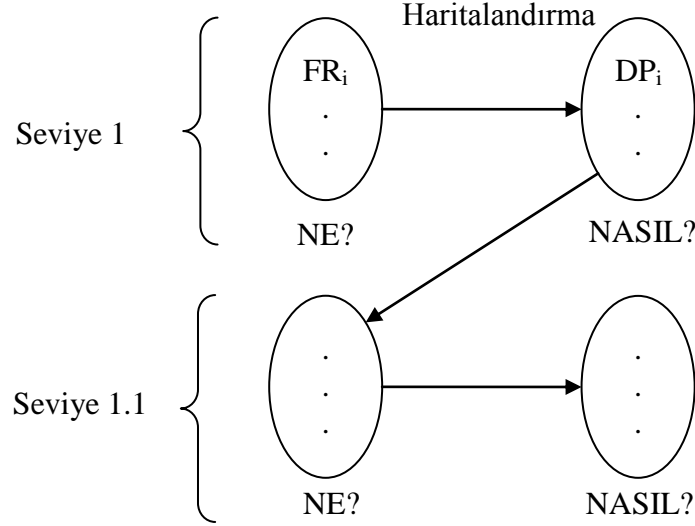


Şekil 3.2. Aksiyomlarla tasarımda bilgi sahaları (Yavuz, 2010)

Aksiyomatik tasarım yaklaşımına göre, bütün tasarımlar, dört farklı bilgi alanından meydana gelmektedir. Bunlar; “Müşteri” alanı (CA), “Fonksiyonel” alan (FR), “Fiziksel” alan (DP) ve “Süreç” alanı (PV) olarak tanımlanmakta ve bu alanlar kendi içinde ve birbirleri arasındaki bilgilerin sürekli işlenmesini sağlamaktadır (Yavuz, 2010). Müşteri ihtiyaçları, müşteri alanında ortaya konulur ve sonrasında fonksiyonel alanda formüle edilir. Fonksiyonel alanda, çözüm için giderilmesi gereken ve birbirlerinden bağımsız olan fonksiyonel gereksinimler (FR_i) seti tanımlanır. Tasarım, “ne yapmak istiyoruz?” sorusunu ortaya koyan fonksiyonel alan ile “bunu nasıl başarabiliriz?” sorusunu soran ve tasarım parametrelerinden (DP_i) oluşan fiziksel alan arasındaki ilişkilerin planlanması sürecinden oluşacaktır (Yılmaz, 2006). Şekil 3.2’de bu bilgi alanları arasındaki ilişkiler gösterilmektedir. Sol taraftaki alan "ne", sağ taraftaki alan ise "nasıl" sorularını yanıtlandırır (Yavuz, 2010). Bu sorular arasında geçiş haritalandırma olarak adlandırılır.

Aksiyomatik tasarım yaklaşımında tasarımcı süreç boyunca öncelikle fonksiyonel bilgi alanında FR_i kümesini belirledikten sonra bunların hayata geçirilebilmesi için gerekli fiziksel yapıyı oluşturmak üzere fiziksel bilgi alanına geçecektir. Bu aşamada elde edilen FR_i kümesine karşılık DP_i kümesi daha açık bir şekilde ifade edilmeden uygulanamıyorsa tekrar fonksiyonel bilgi alanına dönülerek bir alt düzeydeki FR_i kümesi ortaya konulacaktır. Bu “zikzaklar” ile “ayrıştırma” alt düzeylerde belirlenmiş sorunlara ait çözümlerin bilindiği noktaya kadar devam edecektir (Yılmaz, 2006).

Tasarımın bu şekilde zigzag ile ayrıştırılması Şekil 3.3'te açıklayıcı bir şekilde verilmiştir.



Şekil 3.3. Tasarımın zigzag ile ayrıştırılması (El-Haik, 2005)

Bağımsızlık aksiyomu, tasarım süreci boyunca fonksiyonel bilgi sahasındaki fonksiyonel ihtiyaçlardan (FR_i) fiziksel bilgi sahasındaki tasarım parametrelerine (DP_i) zikzak esnasında izlenecek yol olarak tanımlanabilir (Yavuz, 2010). Fonksiyonel gereksinimler ile tasarım parametreleri arasındaki bağımsızlık ilişkisini bağımsızlık aksiyomu tanımlamaktadır. Aksiyom 1'e göre her bir fonksiyonel gereksinme (FR_i) diğer tasarım parametrelerini etkilemeden yalnızca tek bir tasarım parametresi (DP_i) ile ilişkili olmalıdır (Yılmaz, 2006).

Fonksiyonel bilgi sahasındaki fonksiyonel ihtiyaçlar (FR_i) ile fiziksel bilgi alanındaki tasarım parametreleri (DP_i) arasındaki haritalandırma süreci olarak tarif edilen tasarım, matematiksel olarak ifade edilebilmektedir. Bu ifadede fonksiyonel ihtiyaçlar "FR" isimli "m" bileşenli bir vektör olarak gösterilebilirken, fiziksel ortamdaki tasarım parametreleri de "n" bileşenli bir "DP" vektörü olarak gösterilebilmektedir (Yavuz, 2010).

Fonksiyonel ihtiyaçlar (FR_i) ve tasarım parametreleri (DP_i) arasındaki haritalandırma vektörler ile tanımlanabilir. Tasarım matrisi; FR_i 'ler ile DP_i 'ler arasındaki ilişkiyi tanımlar (Yavuz, 2010).

FR_i ile DP_i arasındaki ilişki matematiksel olarak aşağıdaki eşitlik ile açıklanabilir:

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ FR_n \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{21} & \cdot & \cdot & \cdot & A_{1n} \\ A_{12} & A_{22} & \cdot & \cdot & \cdot & A_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ A_{1n} & A_{2n} & \cdot & \cdot & \cdot & A_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ DP_n \end{Bmatrix} \quad (3.1)$$

A matrisinin yapısı tasarımın çeşidini belirler. Bağlı tasarım, ayrılmış tasarım ve ayrık tasarım olmak üzere üç çeşit tasarım bulunmaktadır. A matrisinin elemanlarının sadece matrisin ana köşegeninde olduğu durum ayrık tasarımdır. Ayrık tasarım, bağımsızlık aksiyomu açısından ideal tasarımdır ve bu tür bir tasarımı elde etmek çok zordur. Fakat her tasarım konusu için bu tür bir tasarım mevcuttur, önemli olan bunların ortaya çıkarılmasıdır. Ancak, ortam koşullarından veya kısıtlamalardan dolayı bu tür tasarımların oluşturulması mümkün olmayabilir (Yavuz, 2010).

Matrisin her A_{ij} elemanının FR vektörünün bir bileşeni ile DP vektörünün bir bileşeninin ilişkilendirmesi gerekir. Genel olarak A_{ij} şu şekilde ifade edilmektedir.

Tasarım matrisi elemanları; $A_{ij} = \frac{dFR_i}{dDP_j}$ şeklindedir (Yavuz, 2010).

Tasarım matrisinin ayrık (İng: uncoupled, matrisin köşegen olmayan elemanları sıfır), ayrılmış (İng: decoupled, üçgensel matrisin köşegen elemanlarının üstünde kalan elemanları sıfır) ya da bağlı (İng: coupled, üstte kalan köşegen olmayan sıfırdan farklı elemanların olduğu özel yapısı olmayan matris) yapıda olması tasarımın türünü tanımlamaktadır.

Ayrık Tasarım: Tasarımın türü, tasarım matrisi yapısı ile tanımlanır. [A] matrisinin bütün köşegen olmayan elemanlarının sıfır olduğu durum, ayrık tasarım matrisini sağlar. Gerçek hayatta bu tasarımı elde etmek çok zordur. Suh (2001)'e göre en basit

tasarım matrisi bütün köşegen olmayan elemanlarının sıfır olduğu durum matrisidir (Yavuz, 2010).

Bilgi aksiyomu, kabul edilebilir tasarımlar içerisinde en iyisini seçme hususunda, tasarım isteklerini nicel ölçümlere dönüştürmesi nedeniyle çok başarılıdır. Bunun yanında bilgi aksiyomu, dizayn optimizasyonu veya sağlam tasarım oluşturma konusunda teorik altyapıyı oluşturur (Yavuz, 2010). Bilgi aksiyomu, bağımsızlık aksiyomunun gereklerini yerine getiren tüm tasarım alternatifleri arasından en iyi olanın seçilmesini sağlamaktadır. Suh'a göre, FR_i 'lerin gereklerini yerine getiren tüm çözümler içerisinde en az bilgi içeren en iyi çözümdür. Daha az bilgi (daha az karmaşık tasarımlar) çözümün başarı şansını arttıracaktır (Yılmaz, 2006).

$$\begin{bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & & \\ & A_{22} & \\ & & A_{33} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

A tasarım matrisinde; $A_{12}=A_{13}=A_{21}=A_{23}=A_{31}=A_{32}=0$ olarak hesaplanabilir (Yavuz, 2010).

Bu matrise bağlı olarak $\{FR\}=[A]\{DP\}$ eşitliği ise;

$$FR_1 = A_{11}DP_1$$

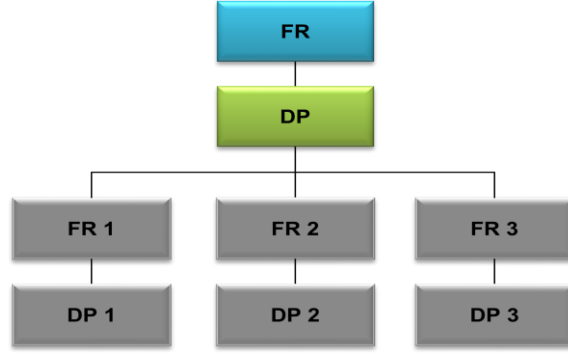
$$FR_2 = A_{22}DP_2$$

$$FR_3 = A_{33}DP_3$$

şeklinde yazılabilir (Yavuz, 2010).

Sonuç olarak köşegen elemanları sıfır olmayan ve köşegen olmayan elemanları sıfır olan elemanlara sahip bir tasarım “Ayrık Tasarım” olarak tanımlanır ve bağımsızlık aksiyomuna uyar (Yavuz, 2010).

Matristeki FR_i ve DP_i 'ler arasındaki kuvvetli ilişki “X” harfi ile işaretlenmektedir. Ayrık tasarımın şekil yardımıyla gösterilmesi ise, aşağıdaki şekilde yer almaktadır (Yavuz, 2010).



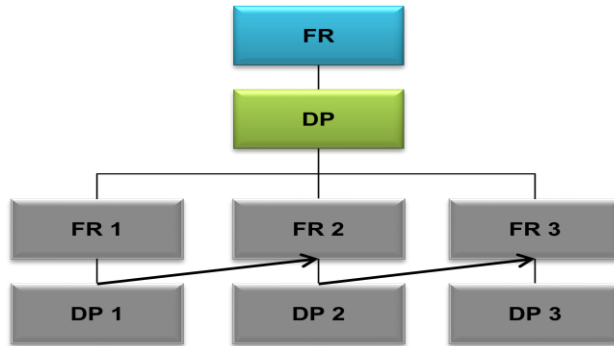
Şekil 3.4. Ayrık tasarım (Yavuz, 2010)

Ayrık tasarımın elde edilemediği durumlarda, ayrılmış tasarımın bulunmasına çalışılmalıdır.

Ayrılmış Tasarım: Bir bağlı tasarım, ayrılmış tasarıma dönüştürülebilir. Bu uygulamada sık yapılan bir durumdur. Tasarım matrisinin “üçgensel” ($A_{12}=A_{13}=A_{23}=0$) olduğu tasarım denklemi aşağıda gösterilmiştir.

$$\begin{bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & & \\ X & X & \\ X & X & X \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

Eğer tasarım parametreleri (DP) özel bir düzen içinde ayarlanırsa bu denklemde fonksiyonel ihtiyaçların (FR) bağımsızlığı sağlanabilir. Ancak bu yaklaşımla birinci aksiyom karşılanabilir. Yukarıdaki matrisle tanımlanan ayrılmış tasarım diyagramı olarak aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Ayrılmış tasarım (Yavuz, 2010)

Bağlı Tasarım: Ayrık tasarımın karşısı bağlı tasarım olarak adlandırılır ve bu tasarıma ait matris sıfır olmayan bir çok eleman içerir. Matris incelendiğinde tasarım matrisi sıfır olmayan birçok elemana sahiptir. Bu matris fonksiyonel ihtiyaçlar (FR) ve tasarım parametreleri (DP) arasındaki ilişkilere uygulandığında (Yavuz, 2010);

$$FR_1 = A_{11}DP_1 + A_{12}DP_2 + A_{31}DP_3$$

$$FR_2 = A_{21}DP_1 + A_{22}DP_2 + A_{23}DP_3$$

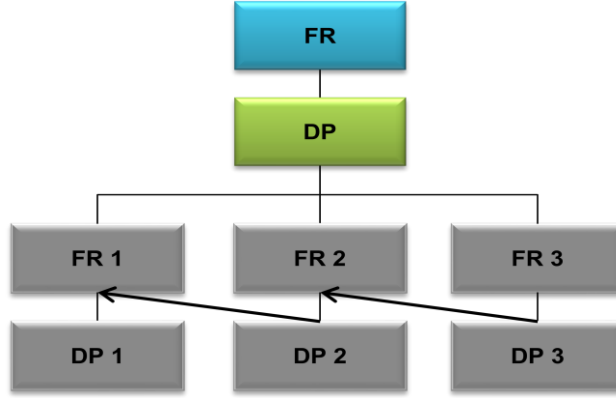
$$FR_3 = A_{32}DP_2 + A_{33}DP_3$$

sonucu elde edilmektedir. DP_2 'deki basit bir değişiklik ile FR_2 'deki değişim başarılabilir. Çünkü DP_2 , FR_1 ve FR_3 'ü etkilemektedir. Böyle bir tasarım birinci aksiyomu ihlal eder ve bağlı tasarım olarak adlandırılır (Yavuz, 2010).

Bu tasarım istenmeyen tasarımdır ve bağımsızlık aksiyomunu sağlamaz. Bağlı tasarım, karmaşık bir yapı oluşturur. Bu karmaşıklık, tekrarlı işlere ve etkin olmaktan uzak bir uygulamaya yol açar. Aşağıda, bir bağlı tasarım örneği gösterilmiştir (Yavuz, 2010).

$$\begin{bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & X & X \\ X & X & X \\ & X & X \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

Bağlı tasarım istenmeyen bir tasarım türü olduğundan bu tür tasarımlar ayrık tasarıma, eğer ayrık hale getirilmesi mümkün değilse ayrılmış tasarıma getirilmelidir. Aşağıdaki şekilde örnek bir bağlı tasarımı göstermektedir. Bağımsızlık aksiyomu sağlayan tasarım türü, ayrık ve ayrılmış tasarımlardır. Tasarımın kabul edilebilir olması için en azından ayrılmış olması gerekmektedir. Bağlı tasarımlar, etkin olmamaları ve aynı süreçlerin tekrar uygulanmasına neden olmaları nedeniyle tercih edilmemelidir. Aksiyomatik tasarımın ne olduğunu anlattığımız bu bölümde tasarım matrislerine oldukça yer verdik. Çünkü aksiyomatik tasarım sürecinde bu tasarım matrisleri bize en çok bilgiyi veren aksiyomatik tasarım aracıdır (Yavuz, 2010).



Şekil 3.6. Bağlı tasarım (Yavuz, 2010)

Kesin Bilgi Aksiyomu Yaklaşımı:

Bilgi Aksiyomu, Bağımsızlık Aksiyomunu sağlayan tasarımlardan en az bilgi içeriğine sahip tasarımın en iyi tasarım olduğunu belirtmektedir (Suh, 2001). Bilgi içeriği I_i şeklinde belirtilmekte ve en basit anlamıyla fonksiyonel ihtiyaçların (FR_i) gerçekleşme olasılığı olarak ifade edilmektedir. Diğer bir ifadeyle I_i , başarı olasılığı en büyük olan tasarımın en iyi tasarım olduğunu belirtmektedir. Verilen bir fonksiyonel ihtiyaç (FR_i) için bilgi içeriği I_i şu şekilde ifade edilmektedir (Murat ve Kulak, 2005):

$$I_i = \log_2 \frac{1}{p_i} \quad (3.5)$$

Burada, p_i fonksiyonel ihtiyacın (FR_i) karşılanma olasılığını ve log da 2 tabanında logaritmik değeri ifade etmektedir. Bu bilgi aksiyomu tanımı, operasyonel farklılıklar olmasına rağmen Shannon tarafından yapılan tanıma uygundur. Sistemde n tane fonksiyonel ihtiyaç (FR_i) varsa, toplam bilgi içeriği tüm olasılıkların toplamına eşit olacaktır. I_i sonsuza giderse, sistem tasarımcının belirlemiş olduğu fonksiyonel ihtiyacı karşılayamayacaktır. Olasılık değeri 1 olduğunda ise bilgi içeriği sıfır olacaktır (Murat ve Kulak, 2005).

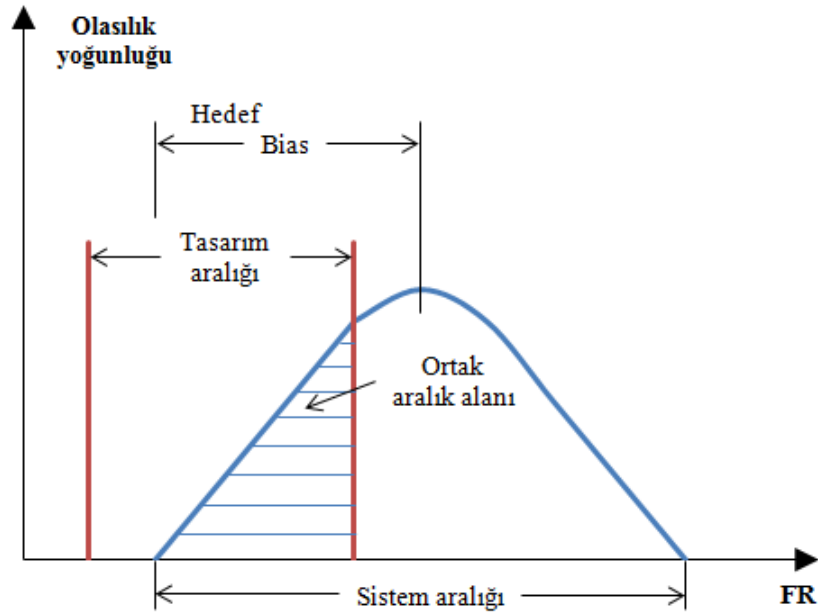
Herhangi bir tasarımda başarı olasılığı, tasarımcının toleranslar bazında ulaşmak istediği seviye (tasarım aralığı-design range) ve sistem kapasitesine (sistem aralığı-system range) bağlıdır. Şekil 3.7’de de gösterildiği gibi, tasarımcı tarafından belirlenen “tasarım

aralığı” ve sistem yeterliliği olan “sistem aralığı” arasında kalan bölge kabul edilebilir çözüm aralığıdır. Buna bağlı olarak uniform olasılık dağılım fonksiyonu (P_i) aşağıdaki şekilde yazılabilir (Murat ve Kulak, 2005);

$$P_i = \left(\frac{\text{Ortak aralık}}{\text{Sistem aralığı}} \right) \quad (3.6)$$

Bu durumda, bilgi içeriği aşağıdaki eşitlikten bulunabilir:

$$I_i = \log_2 \left(\frac{\text{Sistem aralığı}}{\text{Ortak aralık}} \right) \quad (3.7)$$



Şekil 3.7. Fonksiyonel ihtiyaçların tasarım aralığı, sistem aralığı, ortak aralık

FR_i sürekli rassal bir değişken olduğunda FR_i 'nin tasarım aralığında karşılanma olasılığı:

$$p_i = \int_{dr^1}^{dr^u} p_s FR_i dFR_i \quad (3.8)$$

$p_s (FR_i)$, FR_i için sistemin olasılık yoğunluk fonksiyonudur. Bu eşitlik, dr^1 alt sınırı ile dr^u üst sınırı arasındaki tasarım aralığında başarıya ulaşma olasılığını sistemin olasılık

yoğunluk fonksiyonu ile birleştirerek vermektedir. Şekil 3.7’de ortak aralığın (A_{cr}) alanı, başarıya ulaşma olasılığına (p_i) eşittir (Murat ve Kulak, 2005). Bu durumda bilgi içeriği için aşağıdaki denklem yazılabilmektedir:

$$I_i = \log_2 \frac{1}{A_{cr}} \quad (3.9)$$

Sonuç olarak toplam bilgi içeriği en küçük olan tasarım en iyi tasarım olarak seçilir.

Örnek 3.2: Ev Satın Almak

Boston Kolejinden Profesör Sandra Wade yeni bir ev almayı planlıyor. Kocası ile birlikte bir evin sahip olması gereken 4 özelliği şu şekilde belirtmişler (Yavuz, 2010);

1. Prof. Wade’in çalıştığı yere 15~30dk arasında olması,
2. Civardaki liselerin iyi bir eğitime sahip olması. Örneğin, mezunların %65’inin saygı duyulan üniversitelere gidiyor olması.
3. Hava kalitesinin yılda 340 gün boyunca iyi durumda olması.
4. Evin uygun fiyatlı olması. Örneğin, 3000 fit²’lik kullanım alanına sahip bir evin fiyatının 650 000 \$’dan daha az olması.

A, B ve C kasabalarını gezen Prof. Wade emlakçıların da yardımıyla verileri Çizelge 3.7’deki gibi bir tabloya dökmüştür (Yavuz, 2010).

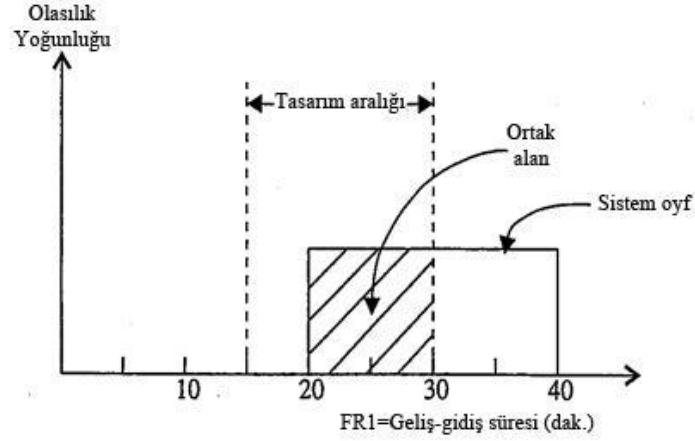
Çizelge 3.7. Örnek 3.2’nin fonksiyonel ihtiyaçları (Yavuz, 2010)

Kasaba	FR ₁ = Ev-iş arası gidiş-geliş süresi (dk)	FR ₂ = Okulun kalitesi (%)	FR ₃ = Havanın kalitesi (gün/yıl)	FR ₄ = Fiyat (\$)
A	20-40	50-70	300-320	450k-550k
B	20-30	50-75	340-350	450k-650k
C	25-45	50-80	350 ve üzeri	600k-800k

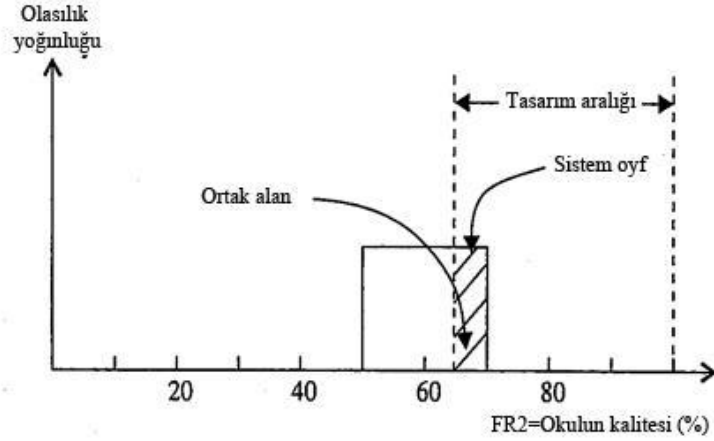
Hangi kasaba Wade ailesinin ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılar?

Çözüm:

Fonksiyonel gereksinimler tasarım aralığını belirler. Sistem aralığı yukarıdaki tabloda belirtilmiştir. Bu tasarım ve sistem sınırları kullanılarak, fonksiyon gereksinimleri, denklem 3.9 ile hesaplanır. Şekil 3.8 ve 3.9, A kasabası ile FR_1 ve FR_2 için tasarım ve sistem sınırlarının çakıştığı aralıkları gösterir. (Yavuz, 2010)



Şekil 3.8. Gidiş-geliş süresinin olasılık dağılımı (Yavuz, 2010)



Şekil 3.9. Okul kalitesi olasılık dağılımı (Yavuz, 2010)

A kasabasının bilgi içeriği FR_3 'ü karşılayamadığı için sonsuzdur. Yani bir başka ifade ile tasarım ve sistem sınırları çakışmamaktadır. B ve C kasabalarının bilgi içerikleri Denklem 3.9 kullanılarak Çizelge 3.8'deki gibi hesaplanmıştır (Yavuz, 2010).

Çizelge 3.8. Örnek 3.2'nin bilgi içeriği (Yavuz, 2010)

Kasaba	I_1 (bit)	I_2 (bit)	I_3 (bit)	I_4 (bit)	ΣI (bit)
A	1,0	2,0	Sonsuz	0	Sonsuz
B	0	1,32	0	0	1,32
C	2,0	1,0	0	2,0	5,0

B kasabasından bir ev almanın bilgi içeriği 1.32 iken, C kasabasından ev almanın bilgi içeriği 5'tir. A kasabasından Prof. Wade'nin ihtiyaçlarını değiştirmede süreci gereksinimlerine uygun bir ev bulma şansı yoktur. En iyi kasaba, bu durumda B'dir. A kasabası, FR'i hava kalitesi nedeniyle ihlal etmektedir. C kasabasında işe yakın bir ev bulma olasılığı çok düşüktür ve ev fiyatları, kendi belirlediği standartların dışındadır. Eğer belirli fonksiyon gereksinimlerinin daha önemli olduğunu düşünürse bu önemlilik I fonksiyon gereksinimlerinin ağırlığını arttırmadan da ifade edilebilir. Örneğin, Prof. Wade için eğitim daha ciddi bir noktaya gelirse, ülkenin en iyi 10 üniversitesine giden öğrencilerin aldıkları SAT puanlarına ilişkin bir veri bütünü, karşılaştırma tablosuna ekleyerek fonksiyon gereksinimleri seçimini genişletebilir (Yavuz, 2010).

4. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

4.1.Kalite Fonksiyon Yayılımı Literatür Araştırması

Bu bölümde kalite fonksiyon yayılımı (QFD) yöntemi ile ilgili yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir.

Bergquist ve Abeysekera, ergonomi alanında ürün geliştirme sürecinde QFD yönteminin kullanımını açıklayan bir çalışma yapmışlardır. Soğuk iklimlerde ayakkabı kullanıcılarının güvenliği için ihtiyaç duyulan ürün karakteristiklerini QFD yöntemini kullanarak belirlemiştirlerdir. (Bergquist ve Abeysekera, 1996).

Taptık ve Keleş savaş araçlarının değerlendirilmesi amacıyla QFD yöntemini uygulamışlardır (Taptık ve Keleş, 1998).

Bozkurt yaptığı çalışmada hizmet sektörü için QFD kullanımı konusunu ele almıştır (Bozkurt, 1998).

Sohn'un yaptığı çalışmada trafik kazalarının azaltılması ve çeşitli trafik kazalarında her polis merkezinde özellikle dikkat edilmesi gereken kontrol politikalarındaki öncelikleri belirlemek amacıyla QFD yöntemi kullanılmıştır (Sohn, 1999).

Akbaba çalışmasında üretim işletmeleri için geliştirilmiş olan QFD yönteminin hizmet işletmelerinde hizmetlerin tasarımına uyarlanması konusunda bilgi vermiştir (Akbaba, 2000).

Partovi ve Corredoira, futbol oyununu futbolseverler açısından daha cazip hale getirebilmek için kural tasarımı ve önceliklendirmesi ile futbolun geliştirilmesi konusunda çalışmışlardır (Partovi ve Corredoira, 2002).

Costa ve ark., yemek endüstrisinde ketçap kalite iyileştirmesi üzerine bir örnek uygulama çalışması yapmışlardır (Costa ve ark., 2000).

Öter ve Tütüncü, hizmet sektöründe yer alan turizm işletmelerinden seyahat acenteleri ile ilgili yaptıkları çalışmada, seyahat acentelerine yönelik varsayımsal (hypothetical) bir QFD uygulaması yapmışlardır (Öter ve Tütüncü, 2001).

Güllü ve Ulcay kablo üretimiyle ilgili olarak yaptıkları çalışmada QFD yöntemini kullanmışlardır (Güllü ve Ulcay, 2002).

Karsak ve ark., QFD ve hedef programlama yöntemlerinin bir arada kullanıldığı bir çalışma ile QFD'nin başka bir yöntemle iç içe kullanılabileceğini göstermişlerdir (Karsak ve ark., 2002).

Savaş ve Ay yaptıkları çalışmada QFD yöntemini üniversite kütüphanesinde temel kullanıcı gruplarından biri olan akademik personelin istek ve gereksinimleri doğrultusunda kütüphane hizmetlerinin yeniden tasarlanması ve yapılandırılmasında kullanmışlardır (Savaş ve Ay, 2005).

Ardıç ve ark., bir hizmet kurumu olan üniversitede yüksek lisans programlarının müşteri (öğrenci) istek ve beklentileri dikkate alınarak yeniden tasarlanmasını QFD yöntemi aracılığıyla gerçekleştirmişlerdir (Ardıç ve ark., 2008).

4.2.Aksiyomatik Tasarım Literatür Araştırması

Suh (1990) tarafından geliştirilen ve son yıllarda hızla gelişmekte olan AD tekniği ve ilkeleri, literatürde; ürünler, sistemler, organizasyonlar ve yazılım gibi bir çok alanda tasarım yaparken kullanılmıştır. AD'nin en önemli özelliği bağımsızlık ve bilgi aksiyomu gibi iki tasarım aksiyomuna sahip olmasıdır. AD tasarım üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde; bağımsızlık aksiyomunun yazılım, kalite, imalat, esnek üretim, hücresel üretim, ergonomi, denizcilik gibi bir çok alandaki sistemin tasarımında bir metodoloji olarak uygulandığı, bilgi aksiyomunun ise ekipman, ulaştırma firması ve modern imalat sistemleri gibi tasarlanmış sistemlerden en uygun olanın seçimi yapılırken çok ölçütlü bir karar verme aracı olarak kullanıldığı karşımıza çıkmaktadır.

Gunasekera ve Ali çalışmalarında, kavramsal tasarım, ön tasarım ve nihai tasarım aşamaları gibi üç aşamalı bir tasarım süreci gerektiren bir yaklaşım ile metal şekillendirme proseslerinin tasarımını gerçekleştirmişlerdir. Bu tasarım sürecinin kavramsal tasarım aşamasını aksiyomatik tasarım ilkelerini kullanarak tasarlamışlardır. (Gunasekera ve Ali, 1995).

Cochran ve Reynal imalat sistemlerini tasarlamak için aksiyomatik tasarımı kullanmışlardır. Çalışmada, üretilen iki fonksiyonel ihtiyaç, dört farklı üretim sisteminin performansını analiz etmek için kullanılmıştır (Cochran ve Reynal, 1996).

Suh makalesinde AD metodolojisini kullanarak sistemlerin tanımlanması, sınıflandırılması ve tasarlanması için kavramsal bir yaklaşım sunmuştur (Suh, 1997).

Suh ve ark. makalelerinde yalın ilkeli bir hatta ideal bir üretim sistemi için AD'ye dayalı bir model geliştirmiştir (Suh ve ark., 1998).

Babic çalışmasında esnek imalat sistemlerinin düzenlenmesi için bir karar destek sistemi oluşturmuştur. Aksiyomatik tasarım teorisini kullanarak yeni esnek imalat sistemi için bir tasarım teorisi geliştirmiştir. Kurulan metodolojinin, tasarım aşamasında uygun esnek imalat sistemi konfigürasyonunu belirlemede tasarımcılar için etkin bir karar destek sistemi gibi çalıştığını örnek bir uygulama ile göstermiştir (Babic 1999).

Cochran ve ark. organizasyonel yapılanmada yalın yönetim ve değişim yönetimi ilkelerini kullanarak, AD yöntemiyle etkin bir üretim sistemi tasarlayarak üretim sistemini küçük, esnek ve merkezi olmayan üretim birimlerine dönüştüren bir çalışma yapmışlardır. Sunulan yaklaşımdaki bölümlendirme prosedüründe AD sistemi kullanılmıştır ve bunu takip eden stratejik, organizasyonel ve teknolojik tasarım yönleri yalın yönetim uygulamaları ile desteklemiştir (Cochran ve ark., 2000).

Cochran ve ark. çalışmalarında üretim sistemi tasarımı ile performans ölçümü arasındaki neden sonuç ilişkisini araştırmıştır. Üretim sistemlerinde AD tekniğini

kullanarak performans ölçümlerinin geliştirmesi için bir örnek uygulama yapmışlarıdır (Cochran ve ark., 2000).

Chen ve ark. üretim hücrelerinin performansını arttırmak için simülasyon yönteminin de yardımıyla AD yaklaşımını bir rehber olarak kullanarak bilgiye dayalı bir karar destek sistemi kurmuştur (Chen ve ark. 2000).

Werneman ve ark., AD ilkelerine göre operasyonların önceliklendirilmesini amaçlayan operasyonel gelişim modeli tasarlamıştır. Yarı iletken üretiminde yaptıkları uygulama sonucunda elde ettikleri sonucun gelecekteki vizyon, hedef ve stratejileri karşıladığını görmüşlerdir (Werneman ve ark., 2000).

Engelhardt, ürün ve sistem geliştirme konularında Aksiyomlarla Tasarım ilkelerini kullanmışlardır (Engelhardt, 2000).

Suh kitabında AD'nin amacı ve uygulamalarını anlatarak tasarımcıya mantıksal ve teorik düşünce süreçleri ve araçları sunmuştur. Bu çalışma, tasarım konusunda yapılan çalışmalara bilimsel bir temel oluşturmaktadır (Suh, 2001).

Cotoia ve Johnson yaptıkları çalışmada, sistem içerisinde sorun yaratan bir süreci ele almış ve bu süreci aksiyomlarla tasarım ilkelerinden yararlanarak geliştirmiştir (Cotoia ve Johnson, 2001).

Gu ve ark. bir çalışmalarda aksiyomatik tasarım yaklaşımı ve sistematik tasarım yaklaşımının kombinasyonu ile üretim sistemlerinin tasarımı için bir metot sunmuş ve bunun bir uygulamasını vermiştir (Gu ve ark., 2001).

Lee ve ark. makalelerinde makine kontrol sistemlerinin sistematik tasarımı ve uygulaması için aksiyomatik tasarıma dayanan yapısal bir yaklaşım sunmuştur. Bu yaklaşımı endüstriyel ölçekli bir kimyasal-mekanik parlatma (CMP) makinesinin kontrol sistemini geliştirmek için kullanmışlardır (Lee ve ark., 2001).

Houshmand ve Jamshidnezhad, AD yaklaşımını kullanarak üretim sistem tasarımına dayalı bir yalın imalat sistemi geliştirmiştir. Bu modelde, temel olarak organizasyonel yetenekler ve değer akış analizi kullanılır (Houshmand ve Jamshidnezhad, 2002).

Baxter ve ark., bir ürünün parçalarının maliyetleri ve teslim süreleri ile ilgili bir tedarik zincirinin tasarım süreçlerinde AD ilkelerini kullanmıştır (Baxter ve ark., 2002).

Hwang ve ark. düşük seviyelerdeki fonksiyonel ihtiyaçları birbirleri ile karşılaştırarak Aksiyomlarla Tasarım metodunda fonksiyonel ihtiyaçların bağımsızlığının, tasarımın kalitesinin belirlenmesinde önemli bir özellik olduğunun altını çizmektedirler (Hwang ve ark., 2002).

Kim, ürün tasarımı ve üretim sistemi tasarımını birleştirmeye yönelik AD ilkelerini kullanarak yeni bir yaklaşım geliştirmiştir. Çalışmanın amacı, yeni ürün geliştirilmesi sürecini zora sokan sorunları tasarımın ilk evresinde ortadan kaldırarak yeni ürün tasarımındaki zahmetli aşamaları azaltmak ve önlemektir (Kim, 2004).

Durmuşoğlu ve Kulak makalelerinde ofis işlemlerinin performansını arttırmak için, AD ilkelerini kullanan etkin bir ofis hücresi tasarım metodolojisi geliştirilmiştir (Durmuşoğlu ve Kulak, 2004).

Yaşar ve ark. çalışmalarında bilgi yönetimini AD ilkeleri ile yeniden ele almış ve bu doğrultuda bir bilgi yönetimi modeli geliştirmiştir (Yaşar ve ark., 2005).

Kabadurmuş ve Durmuşoğlu, çekme (kanban) üretim kontrol sistemi için kullanılacak yol haritasına AD ilkelerini uygulamışlardır (Kabadurmuş ve Durmuşoğlu, 2005).

Yılmaz çalışmasında kent içi toplu taşıma sisteminin AD prensipleri yardımıyla yeniden düzenlenmesine yönelik yeni bir çözüm önerisi ortaya koymuştur (Yılmaz, 2006).

Özel ve Özyörük yaptıkları çalışmada AD'nin bilgi aksiyomuna dayanarak karar verici açısından önemli kriterler temelinde tasarlanan hiyerarşik bir tedarikçi seçim modeli ile

alternatif tedarikçiler arasından minimum bilgi içeriğine sahip olan tedarikçi firmanın seçimine yönelik bir uygulama yapmışlardır (Özel ve Özyörük, 2007).

Hou ve Wen çalışmalarında motosiklet kolu için çoklu robot entegre kaynaklama sisteminin tasarımını aksiyomatik tasarımın bağımsızlık aksiyomu kullanılarak tanımlamıştır. Otomobil besleme modülünün optimize edilen tasarımını bilgi aksiyomunu kullanarak incelemiştir (Hou ve Wen, 2007).

Suh bir makalesinde ergonomik sistemler için aksiyomatik tasarım teorisi ve karmaşıklık teorisi yaklaşımı birlikte değerlendirmiştir. Aksiyomatik tasarım teorisinin en iyi tasarım için kriterleri belirtirken karmaşıklık teorisinin bir sistemin karmaşıklığını minimize etmeyi sağladığını çalışmasında vurgulamıştır (Suh, 2007).

Kanbur ve Birgün AD ilkeleri kullanılarak YKGD(Yeni Kariyere Geçiş Danışmanlığı) için gelişime açık bilimsel bir alt yapı oluşturulması amacı ile tasarlanan kavramsal bir model sunmuşlardır (Kanbur ve Birgün, 2008).

Çebi ve ark. entegre bakım-onarım yönetiminde bulanık bilgi aksiyomu yöntemini kullanmışlardır. Yapılan çalışmada, planlı bakım sistemi uygulanan ticari gemiler için genişletilmiş ve daha etkin bir bakım-onarım yönetimi sistemi oluşturulmuştur (Çebi ve ark., 2008).

Urbanic ve Maraghy mühendislik çalışması yapılmış bir elemanın tersine mühendisliğinde aksiyomatik tasarımı kullanmışlardır. Yapılan çalışmada birbirini takip eden tasarım değişkenlerine bir zemin oluşturmak için tasarımı iyileştirme çerçevesinde, çözümün farklı aşamalarında, fonksiyonel, sağlam ve veri toplamayı sağlayan çok seviyeli bir yol haritası çıkarmışlardır (Urbanic ve Maraghy, 2009).

Bang ve Heo, soğutma sıvısının geliştirilmesinde nanoakışkanların tasarımını düzenlemek için aksiyomatik tasarım yönteminden faydalanmışlardır (Bang ve Heo, 2009).

Satoğlu ve Durmuşoğlu kısmî tek parça akışının uygulandığı melez üretim sistemlerinin tasarımı için aksiyomlarla tasarım yöntemini kullanan bir yol haritası önermiştir. Yaptıkları çalışmada alternatif makineleri inceleyerek, geliştirilen kurallar çerçevesinde istisnai operasyonları sistematik biçimde alternatiflere atanmaya çalışmışlardır. İstisnai operasyonları yok etmek için alternatif makineleri kullanan, fonksiyonel alandan da yararlanmaya olanak tanıyan sistematik bir yaklaşım önermiştir (Satoğlu ve Durmuşoğlu, 2009).

Kulak ve ark. makalesinde son 20 yılda AD ilkeleri üzerine yapılmış olan çalışmaları incelemiş ve 63 makaleyi kapsayan bir sınıflandırma tasarısı sunmuştur. Makaleleri aksiyomun türü, uygulama alanı, yöntem ve değerlendirme türü olarak dört ana başlık altında sınıflandırmışlardır. İncelemede uygulama alanında ürün tasarımı öne çıkmıştır. Çok özelliikli karar alma problemlerinde bilgi aksiyomunu kullanan bulanık değerlendirmeye dayanan araştırma çalışmalarında da bir artış olduğunu fark etmişlerdir (Kulak ve ark., 2010).

Jing ve Shenghua, AD metodolojisini kullanarak ürün konsept tasarımının sağlamlığı üzerine bir araştırma yapmıştır. Sonuç olarak ürün konsept tasarımının sağlamlığının ürün tasarımının sonraki adımlarında ve ürün kalitesinde bir temel teşkil ettiğini göstermiştir (Jing ve Shenghua, 2010).

Dastagiri ve Maruthi Prasad, enjeksiyon kalıp işleminde bileşenin proses tasarımı için aksiyomatik tasarım prensibini kullanmıştır (Dastagiri ve Maruthi Prasad, 2010).

Turhan ve ark. bir boya firmasında tedarik zincirinin yeniden yapılandırılması için AD yaklaşımını kullanmıştır (Turhan ve ark., 2011).

Li ve Chen ürünün kavramsal tasarımında aksiyomatik tasarım prensibini kullanarak ürün kalitesini arttırmayı amaçlayan bir çalışma yapmışlardır (Li ve Chen, 2011).

5. BULGULAR

5.1.Kalite Fonksiyonu Yayılımı'nın uygulanması

Planlama: Yolcu otobüsü koltuklarını tasarlarken öncelikle esas kullanıcı olan yolcuların beklentilerinin karşılanması gerekmektedir. Uzun ve kısa mesafelere giden yolcu gruplarının beklentilerinin farklı olabileceği düşünülmektedir. Bu kanı doğrultusunda uzun zaman yolculuk yapmak zorunda olan yolcular göz önüne alınarak bir tasarım yapılmaya karar verilmiştir.

“Müşterinin Sesi”nin toplanması: Uzun yola giden yolcular esas müşteri grubu olarak tanımlandıktan sonra yolculuk esnasında yolcuların koltuktan bekleyebileceği özellikler üzerine gidilmiştir. Koltuğun genel özelliklerinin dışında eklenebilecek bütün özellikler tanımlanmıştır. 5 ölçekli bir likert ölçeği kullanılarak bir anket formu hazırlanmıştır. Hazırlanan formu anket Ek-2’de verilmiştir.

Uygulanan 5’li likert ölçeğinde sorulara karşılık gelen oranların bulunması için sembollere verilen oranlar Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Ankette kullanılan semboller ve açıklamaları

İŞARET	ANLAM	ORAN
A	Kesinlikle Önemsiz	1
B	Önemsiz	2
C	Farketmez	3
D	Önemli	4
E	Kesinlikle Önemli	5

Hazırlanan anket Bursa Şehirlerarası Otobüs Terminali’nde bulunan uzun mesafe yolculuğu yapacak olan yolculara yüz yüze olarak uygulanmıştır. 58 kişi ile yapılan 19 soruluk anketin sonuçları toplanmıştır. Çizelge 5.2’de verilen anket sonuçlarında A, B, C, D ve E sütunlarında verilen sayılar özelliğin kaç kişi tarafından seçildiğini göstermektedir. İşaretlere verilen oranlar kullanılarak sorulara karşılık gelen toplam oranlar ve yüzde oranlar hesaplanmıştır.

Çizelge 5.2. Anket sonuçları

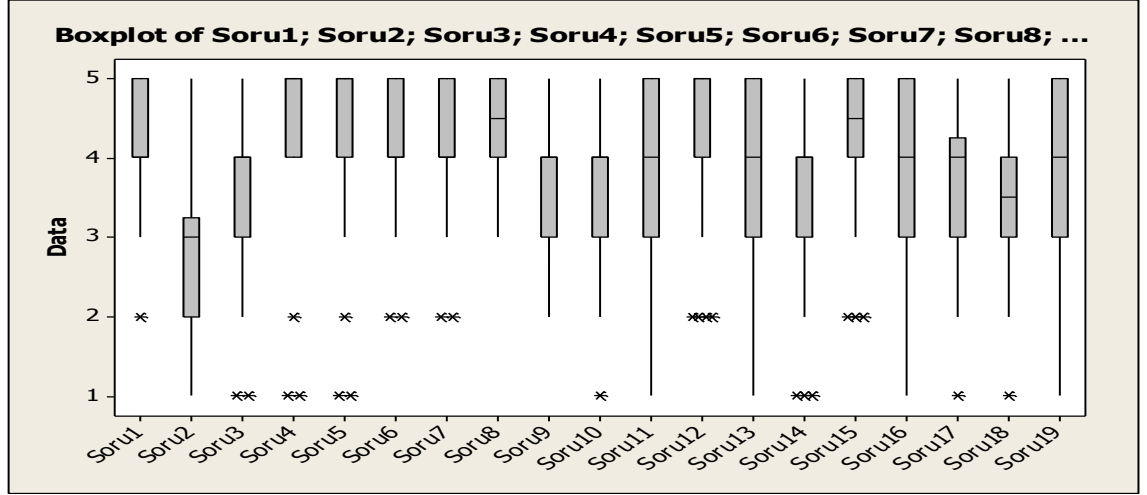
		A	B	C	D	E	Toplam Ağırlıklılandırılmış Değer	Yüzde Oran
Soru-1	Yumuşak döşeme	0	1	3	29	25	252	5,78
Soru-2	Kumaş gazetelik	6	9	29	10	4	171	3,92
Soru-3	Cepli gazetelik	2	5	19	25	7	204	4,68
Soru-4	Yatırılabilir arkalık	2	1	0	13	42	266	6,10
Soru-5	Ayak dayama	2	0	7	16	33	252	5,78
Soru-6	Hareketli başlık	0	2	9	19	28	247	5,67
Soru-7	Yastık özellikli başlık	0	2	8	22	26	246	5,64
Soru-8	Oturaktan kaymama	0	0	6	23	29	255	5,85
Soru-9	Baldır desteği	0	4	20	24	10	214	4,91
Soru-10	Yana açılma	1	8	20	20	9	202	4,63
Soru-11	Bağımsız tablet	1	5	10	21	21	230	5,28
Soru-12	TV monitörü	0	4	2	20	32	254	5,83
Soru-13	Okuma lambası	2	8	9	17	22	223	5,12
Soru-14	Orta kolçak	3	4	12	26	13	216	4,96
Soru-15	Geniş koltuk	0	2	7	20	29	250	5,74
Soru-16	Priz	2	6	13	20	17	218	5,00
Soru-17	Koltukta bardaklık	1	5	11	26	15	223	5,12
Soru-18	Tutamak	1	5	23	16	13	209	4,79
Soru-19	Çanta askısı	1	5	13	18	21	227	5,21

19 soru için; $1/19*100=$ % 5,26 oranının üzerinde bir orana sahip olan sorular kalite evini oluşturmakta kullanılacaktır. Çizelge 5.2’de bu değerlerin üzerindeki yüzde oranları kırmızı renk ile gösterilmiştir.

Anketi cevaplayan 58 kişinin 19 soruya verdikleri cevapların dağılımını gösteren tablo Ek-3’de verilmiştir.

Veriler MINITAB16 istatistiksel yazılım programında analiz edilmiştir.

Anket sonuçlarının kutu grafiği Şekil 5.1’de görülmektedir.



Şekil 5.1. Anket sonuçlarının kutu grafiği

Korelasyon katsayısı, bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönü ve büyüklüğünü belirten katsayıdır. Bu katsayı, (-1) ile (+1) arasında bir değer alır. Pozitif değerler direk yönlü doğrusal ilişkiyi; negatif değerler ise ters yönlü bir doğrusal ilişkiyi belirtir. Korelasyon katsayısı 0 ise söz konusu değişkenler arasında doğrusal bir ilişki yoktur.

Çizelge 5.3. Korelasyon matrisi sonuçları

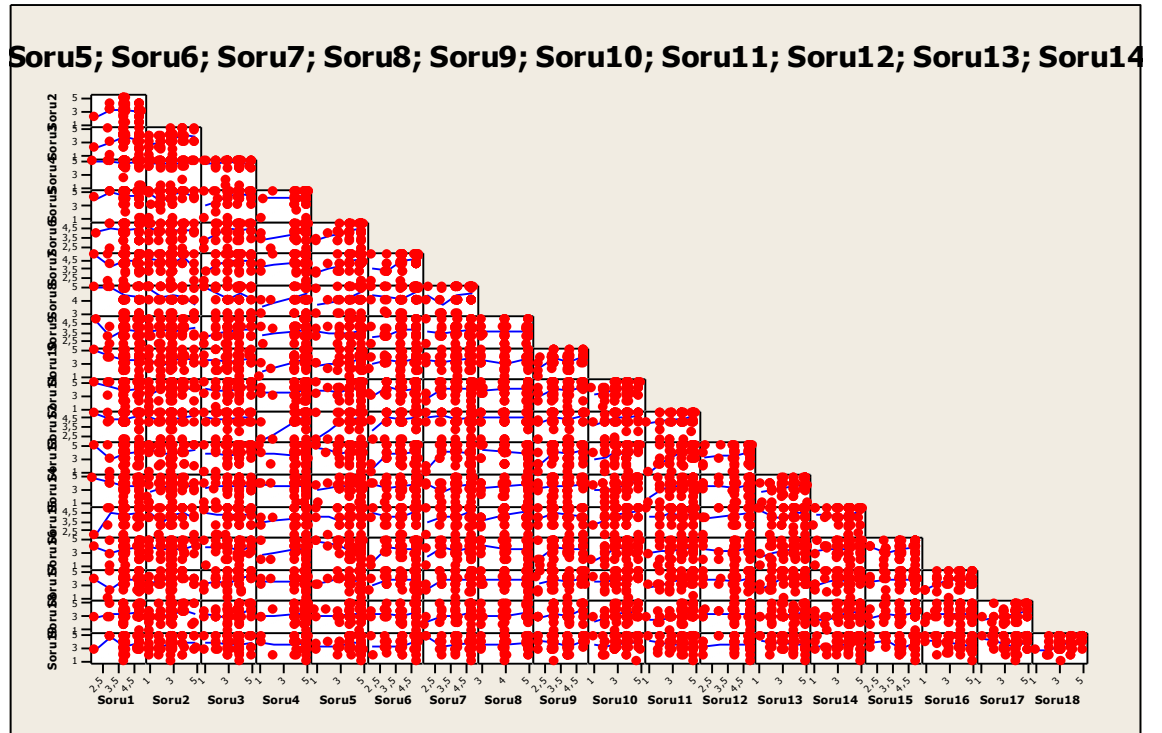
Soru1	Soru2	Soru3	Soru4	Soru5	Soru6	Soru7	Soru8	Soru9	Soru10
Soru2	-0,105								
Soru3	0,005	0,478							
Soru4	-0,095	0,074	0,009						
Soru5	-0,123	0,264	0,347	0,371					
Soru6	0,128	-0,045	0,177	0,404	0,333				
Soru7	0,003	-0,067	0,270	0,101	0,341	0,502			
Soru8	-0,179	-0,277	-0,079	0,311	0,373	0,277	0,316		
Soru9	-0,066	0,104	0,202	0,155	0,195	0,212	0,092	0,035	
Soru10	-0,147	0,150	0,100	0,446	0,269	0,160	0,143	0,218	0,229
Soru11	0,043	0,200	0,268	0,237	0,082	0,051	0,052	0,046	0,191
Soru12	0,097	0,083	0,196	0,508	0,372	0,280	0,014	0,143	0,159
Soru13	0,148	0,037	0,156	0,095	-0,198	0,244	0,055	-0,171	0,201
Soru14	-0,111	0,197	0,100	-0,038	0,149	0,164	0,248	0,141	0,172
Soru15	0,297	0,016	0,057	0,265	0,214	0,209	0,263	0,287	-0,144
Soru16	0,111	0,020	0,054	0,131	-0,247	0,181	0,108	-0,177	0,107
Soru17	0,100	0,205	0,336	0,071	0,070	0,018	0,150	-0,071	0,121
Soru18	0,112	0,308	0,312	0,073	0,083	0,093	0,287	0,181	0,257
Soru19	0,127	0,175	-0,006	0,063	0,139	0,245	-0,014	0,139	0,064

Çizelge 5.3. Korelasyon matrisi sonuçları (Devam)

Soru10	Soru11	Soru12	Soru13	Soru14	Soru15	Soru16	Soru17	Soru18	Soru19
Soru11	0,294								
Soru12	0,319	0,336							
Soru13	0,288	0,513	0,257						
Soru14	0,539	0,233	0,042	0,329					
Soru15	0,306	0,109	0,170	0,121	0,070				
Soru16	0,253	0,211	0,208	0,390	0,149	0,162			
Soru17	0,239	0,366	0,128	0,344	0,305	0,084	0,255		
Soru18	0,298	0,485	0,022	0,231	0,378	0,220	0,016	0,426	
Soru19	0,169	-0,005	0,045	-0,088	0,197	0,009	-0,249	0,005	0,461

Korelasyon matrisi sonuçları Çizelge 5.3’de verilmiştir. Korelasyon matrisi sonuçlarında sorulara verilen cevaplar arasında güçlü bir ilişkisi olan soru ikilisi görüşmemiştir. Sorulara verilen cevaplar birbirinden bağımsızdır.

Şekil 5.2’de verilen grafiksel gösterimde korelasyon dağılımı görülmektedir.



Şekil 5.2. Bütün anket sorularının korelasyon dağılımı

Müşteri beklentilerinin ortalamaları ve standart sapmalarının sonuçları Çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.4. Müşteri beklentilerinin ortalamaları ve standart sapmaları

Variable	Total Count	Mean	StDev
Soru1	58	4,328	0,659
Soru2	58	2,948	1,016
Soru3	58	3,517	0,96
Soru4	58	4,586	0,879
Soru5	58	4,345	0,983
Soru6	58	4,259	0,849
Soru7	58	4,259	0,828
Soru8	58	4,397	0,674
Soru9	58	3,69	0,842
Soru10	58	3,552	0,994
Soru11	58	3,966	1,025
Soru12	58	4,362	0,852
Soru13	58	3,862	1,191
Soru14	58	3,707	1,06
Soru15	58	4,276	0,874
Soru16	58	3,759	1,097
Soru17	58	3,81	0,963
Soru18	58	3,569	0,993
Soru19	58	3,845	1,04
Total	58	75,034	8,046

Maddelerin güvenilirlik analizi sonuçları Çizelge 5.5’de görülmektedir. Güvenilirlik katsayısı (Cronbach's Alpha değeri) 0,7788 olarak bulunmuştur.

Çizelge 5.5. Güvenilirlik analizinin sonuçları

Cronbach's Alpha = 0,7788

Omitted Item Statistics

Omitted Variable	Adj. Total Mean	Adj. Total StDev	Item-Adj. Total Corr	Squared Multiple Corr	Cronbach's Alpha
Soru1	70,707	7,987	0,0485	0,3644	0,7843
Soru2	72,086	7,733	0,2484	0,5389	0,7766
Soru3	71,517	7,632	0,3796	0,497	0,7671
Soru4	70,448	7,669	0,3818	0,6104	0,7672
Soru5	70,69	7,655	0,3431	0,6555	0,7697
Soru6	70,776	7,639	0,4363	0,6567	0,764
Soru7	70,776	7,726	0,3409	0,5618	0,7699
Soru8	70,638	7,904	0,1691	0,5333	0,7789
Soru9	71,345	7,759	0,2933	0,2994	0,7728
Soru10	71,483	7,451	0,5555	0,6243	0,754
Soru11	71,069	7,497	0,4864	0,5439	0,7589
Soru12	70,672	7,651	0,4194	0,4827	0,765
Soru13	71,172	7,516	0,3808	0,5925	0,7674
Soru14	71,328	7,536	0,4274	0,5655	0,7633
Soru15	70,759	7,726	0,3164	0,4624	0,7714
Soru16	71,276	7,741	0,2125	0,4599	0,7802
Soru17	71,224	7,597	0,4157	0,3802	0,7645
Soru18	71,466	7,46	0,5461	0,7347	0,7547
Soru19	71,19	7,808	0,1658	0,584	0,7828

İlk analizde güvenilirlik katsayısı 0,7788 olarak bulunmuştu. Çizelge 5.6'da standart sapması en yüksek olan soru1'i listeden çıkararak güvenilirlik analizini tekrar yaptığımızda güvenilirlik katsayısının 0,7843 değerine yükseldiği görülmektedir.

Çizelge 5.6. Soru 1 çıkarılarak yapılan güvenilirlik analizinin sonuçları

Cronbach's Alpha = 0,7843

Omitted Item Statistics

Omitted Variable	Adj. Total Mean	Adj. Total StDev	Item-Adj. Total Corr	Squared Multiple Corr	Cronbach's Alpha
Soru2	67,759	7,662	0,2598	0,5178	0,7819
Soru3	67,19	7,571	0,3823	0,4969	0,773
Soru4	66,121	7,6	0,3935	0,6034	0,7725
Soru5	66,362	7,583	0,3571	0,6554	0,7748
Soru6	66,448	7,586	0,4282	0,6499	0,7705
Soru7	66,448	7,664	0,3434	0,5588	0,7758

Soru8	66,31	7,834	0,1857	0,4888	0,7841
Soru9	67,017	7,693	0,3015	0,2993	0,7783
Soru10	67,155	7,374	0,5744	0,612	0,7587
Soru11	66,741	7,438	0,4865	0,5438	0,7651
Soru12	66,345	7,596	0,414	0,4674	0,7714
Soru13	66,845	7,469	0,3702	0,5924	0,7746
Soru14	67	7,462	0,4415	0,5646	0,7684
Soru15	66,431	7,687	0,2926	0,3597	0,7789
Soru16	66,948	7,69	0,2043	0,4597	0,787
Soru17	66,897	7,543	0,41	0,3746	0,7711
Soru18	67,138	7,407	0,5401	0,7321	0,7613
Soru19	66,862	7,758	0,1561	0,5775	0,7897

Kalan sorular arasında standart sapması en yüksek olan soru19 da listeden çıkartılmış ve güvenilirlik analizi tekrarlanmıştır. Çizelge 5.7’de verilmiş olan güvenilirlik analizi sonuçlarında güvenilirlik katsayısının 0,7897’e yükseldiği görülmektedir.

Çizelge 5.7. Soru 19 çıkarılarak yapılan güvenilirlik analizinin sonuçları

Cronbach's Alpha = 0,7897

Omited Item Statistics

Omited Variable	Adj. Total Mean	Adj. Total StDev	Item-Adj. Total Corr	Squared Multiple Corr	Cronbach's Alpha
Soru2	63,914	7,449	0,2428	0,5161	0,7894
Soru3	63,345	7,328	0,3958	0,475	0,778
Soru4	62,276	7,367	0,3971	0,5886	0,7781
Soru5	62,517	7,361	0,3482	0,6549	0,7814
Soru6	62,603	7,375	0,406	0,5324	0,7777
Soru7	62,603	7,424	0,3564	0,4949	0,7809
Soru8	62,466	7,614	0,172	0,4848	0,7906
Soru9	63,172	7,463	0,3018	0,2748	0,7842
Soru10	63,31	7,151	0,5677	0,5919	0,7649
Soru11	62,897	7,191	0,5039	0,5227	0,7695
Soru12	62,5	7,361	0,4209	0,4531	0,7767
Soru13	63	7,209	0,3963	0,5795	0,7785
Soru14	63,155	7,247	0,4263	0,5643	0,7756
Soru15	62,586	7,451	0,3006	0,3415	0,7844
Soru16	63,103	7,414	0,2468	0,4274	0,7901
Soru17	63,052	7,302	0,4229	0,3707	0,776
Soru18	63,293	7,226	0,4873	0,5836	0,7711

Soru19'un listeden çıkarılması ile soru16 en yüksek standart sapmaya sahip soru olmuştur. Çizelge 5.8'de soru16'nın çıkarılması ile elde edilen güvenilirlik analizi sonuçları verilmiştir. Güvenilirlik katsayısı 0,7901'e yükselmiştir.

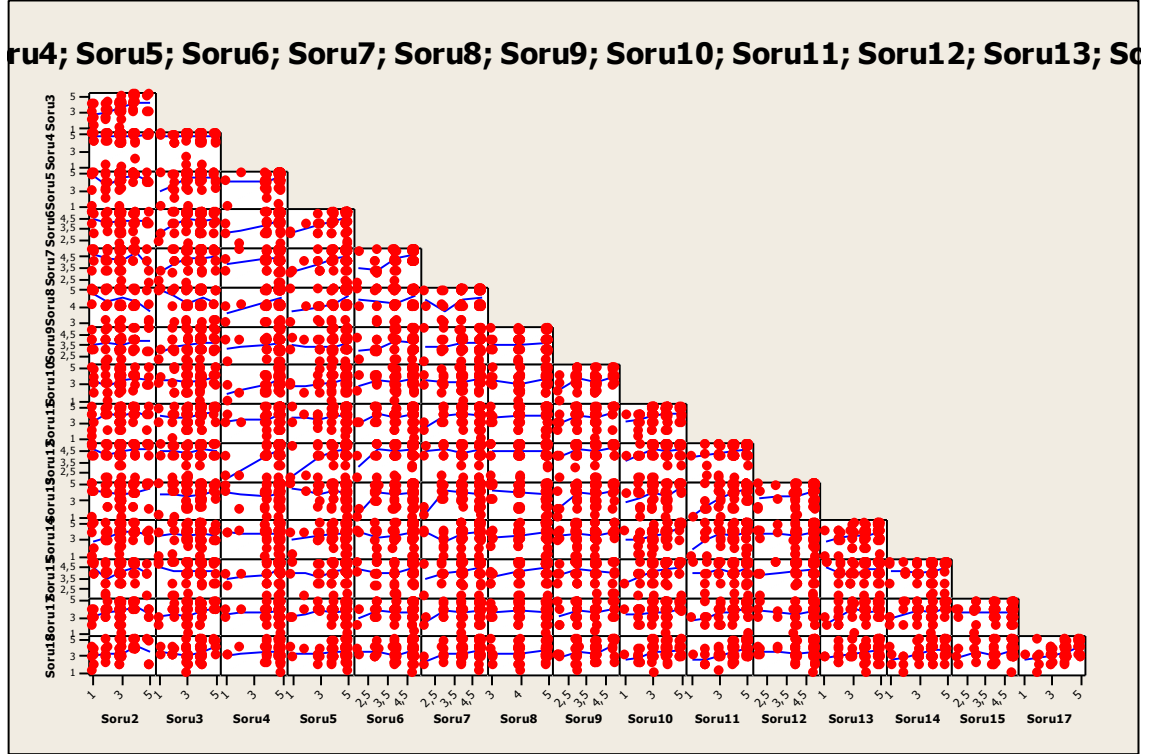
Çizelge 5.8. Soru 16 çıkarılarak yapılan güvenilirlik analizinin sonuçları

Cronbach's Alpha = 0,7901

Omitted Item Statistics

Omitted Variable	Adj. Total Mean	Adj. Total StDev	Item-Adj. Total Corr	Squared Multiple Corr	Cronbach's Alpha
Soru2	60,155	7,093	0,2519	0,5093	0,7899
Soru3	59,586	6,971	0,4076	0,4749	0,7775
Soru4	58,517	7,022	0,3961	0,5886	0,7785
Soru5	58,759	6,959	0,4072	0,569	0,7775
Soru6	58,845	7,036	0,3973	0,5214	0,7786
Soru7	58,845	7,078	0,357	0,4708	0,7813
Soru8	58,707	7,245	0,2075	0,4781	0,7898
Soru9	59,414	7,118	0,2999	0,2557	0,7851
Soru10	59,552	6,816	0,5549	0,5792	0,7656
Soru11	59,138	6,853	0,495	0,5141	0,7703
Soru12	58,741	7,025	0,4086	0,4308	0,7778
Soru13	59,241	6,911	0,3514	0,5789	0,7836
Soru14	59,397	6,903	0,4239	0,564	0,7762
Soru15	58,828	7,113	0,2898	0,3124	0,7859
Soru17	59,293	6,974	0,4027	0,3367	0,7779
Soru18	59,534	6,857	0,511	0,5452	0,7692

Çizelge 5.8'de yapılan analiz sonucunda standart sapması en yüksek olan soru8 olarak çıkmıştır. Bu adımdan sonra yapılan analizlerle güvenilirlik katsayısı değişmemektedir. Sonuç olarak Soru1, Soru16 ve Soru19 listeden çıkartılmıştır. Geriye kalan soruların korelasyon grafiği Şekil 5.3'de verilmiştir.



Şekil 5.3. Soru 1,16 ve 19 çıkarıldığında oluşan korelasyon dağılımı

Sonuç olarak kalite evinde kullanılacak olan müşteri istekleri ve oranlarının listesi Çizelge 5.9’da verilmiştir.

Çizelge 5.9. Kalite evininde kullanılacak müşteri istekleri

Soru No	Müşteri İsteği	Toplam Oran	Yüzde Oran
Soru-4	Yatırılabilir arkalık	266	13,30
Soru-5	Ayak dayama	252	12,60
Soru-6	Hareketli başlık	247	12,35
Soru-7	Yastık özellikli başlık	246	12,30
Soru-8	Oturaktan kaymama	255	12,75
Soru-11	Bağımsız tablet	230	11,50
Soru-12	TV monitörü	254	12,70
Soru-15	Geniş koltuk	250	12,50

5.1.1. Kalite evinin oluşturulması

Adım 1: Müşteri beklentilerinin listesi

Bu aşamada sorulara verilen cevaplardan hesaplanan toplam oranlar ile müşteri önem dereceleri hesaplanacaktır. Müşteri önem derecelerinde hesaplanabilecek maksimum toplam $58*5=290$ 'dır. Müşteri önem derecesi oranları 1-100 arasında olacak şekilde hesaplanacaktır. Örneğin; yatırılabilir arkalık müşteri önem derecesi toplamı 266'dır. Müşteri önem derecesi yüzde oranı= $(266/290)*100=92$ 'dir.

Bütün hesaplamaların sonuçları Çizelge 5.10'da verilmiştir.

Çizelge 5.10. Müşteri önem derecesi tablosu

Müşteri İsteği	Müşteri Önem Derecesi Toplam	Müşteri Önem Derecesi Yüzde Oran
Yatırılabilir arkalık	266	92
Ayak dayama	252	87
Hareketli başlık	247	85
Yastık özellikli başlık	246	85
Oturaktan kaymama	255	88
Bağımsız tablet	230	79
TV monitörü	254	88
Geniş koltuk	250	86

Belirlenen müşteri isteklerine firmamızın bugünkü kapasitesi ile verebildiği cevap ve rakip A ve B firmasının bu istekleri karşılayabilme oranı belirlenmiş ve Çizelge 5.11'de verilmiştir. Müşteri isteklerini karşılamak için hedef oranımız belirlenmiştir. Bu hedeflerdeki her bir oran artışında satışlarda gerçekleşmesi beklenen artış oranı hesaplanmıştır. Önem puanları, müşteri önem derecesi, ilerleme oranı ve satış noktası puanları çarpılarak hesaplanmıştır. Örneğin; yatırılabilir arkalık için önem puanı, $92*1*1,1=101,2$ 'dir. Daha sonra önem puanlarının normalize edilmiş değerleri hesaplanmıştır ve yatırılabilir arkalık için yüzde önem puanı 4,48 olarak hesaplanmıştır. Bütün müşteri istekleri için hesaplanmış olan bütün veriler Çizelge 5.11'de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Yüzde önem oranları

Müşteri İstekleri	Müşteri Önem Derecesi	Firma Bugün	Rakip A (Vogel)	Rakip B (Brusa)	Firma Hedef	İlerleme Oranı	Satış Noktası	Önem Puanı	Yüzde Önem Oranı
Yatırılabilir arkalık	92	5	5	5	5	1	1,1	101,2	4,48
Ayak dayama	87	5	5	5	5	1	1,1	95,7	4,24
Hareketli başlık	85	1	1	4	5	5	1,2	510	22,57
Yastık özellikli başlık	85	1	1	4	5	5	1,2	510	22,57
Oturaktan kaymama	88	4	1	3	4	1	1,2	105,6	4,67
Bağımsız tablet	79	3	3	3	4	2	1,1	173,8	7,69
TV monitörü	88	3	1	2	5	5	1,5	660	29,21
Geniş koltuk	86	4	3	5	5	1	1,2	103,2	4,57
Toplam								2259,5	100

Müşteri isteklerinin karşılanması için gerekli olan teknik gereksinimler belirlenmiştir. Her bir müşteri isteği için gerekli olan teknik gereksinimlerin önem dereceleri semboller ile belirtilmiştir. Kullanılan sembollerin sayısal karşılıkları Çizelge 5.12’de verilmiştir.

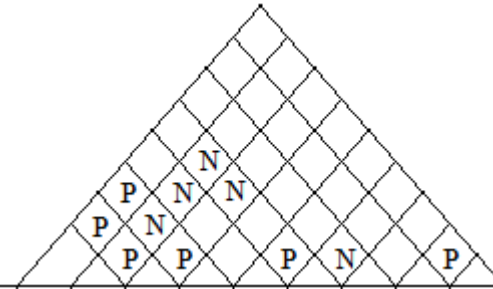
Çizelge 5.12. Korelasyon derecesi sembolleri

Korelasyon derecesi	Sembol ile	Sayı ile
Güçlü	⊖	9
Orta	○	3
Zayıf	Δ	1

Çizelge 5.12’ye göre teknik gereksinimlerin önem dereceleri, o teknik gereksinimin kullanıldığı müşteri istekleri ve yüzde oranları çarpılıp birbiri ile toplanarak hesaplanır.

Örneğin; şase montaj teknik gereksiniminin önem derecesi, $(9 \times 4,48) + (9 \times 4,24) + (3 \times 4,67) + (1 \times 4,57) = 97,06$ olarak hesaplanmıştır. Bu hesaplama her bir teknik gereksinim için yapılmış ve Çizelge 5.13’de verilmiştir.

Çizelge 5.13. Teknik gereksinimlerin analizi

Müşteri İstekleri	Müşteri Önem Derecesi										Yüzde önem Oranı
		Şase montaj	Aksesuar montaj	Kaynak operasyonu	Koltuk montajı	Sünger prosesi	Başlık ön montaj	Aksesuar hazırlık operasyonu	Dikiş operasyonu	Kılıf giydirme operasyonu	
Yatırılabilir arkalık	92	⊕			Δ						4,48
Ayak dayama	87	⊕									4,24
Hareketli başlık	85		⊖	⊕		Δ	⊕				22,57
Yastık özellikli başlık	85			⊕		⊕			Δ	Δ	22,57
Oturaktan kaymama	88	⊖		⊕							4,67
Bağımsız tablet	79		⊖		⊕		⊕				7,69
TV monitörü	88		⊕			Δ					29,21
Geniş koltuk	86	Δ			Δ	⊕			Δ	Δ	4,57
Teknik Önem Derecesi	Σ1599,94	97,06	353,67	448,29	78,26	296,04	203,13	69,21	27,14	27,14	100
Normalize Teknik Önem Derecesi	100	6,07	22,11	28,02	4,89	18,50	12,70	4,33	1,69	1,69	

Bir sonraki aşamada bu önem dereceleri normalize edilmiştir. Örneğin; şase montaj teknik gereksiniminin normalize edilmiş önem derecesi 6,07 olarak bulunmuştur. Bu değerler de Çizelge 5.13’de verilmiştir ve tabloda verilen teknik gereksinimler arasındaki ilişkiler aşağıda incelenmiştir;

Şase montaj ve kaynak operasyonu arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur: Kaynak operasyonunun iyileştirilmesi şase montaj operasyonunun kalitesini ve uygulanabilirliğini arttırmaktadır.

Şase montaj ve koltuk montaj operasyonları arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur: Şase montaj operasyonunun doğru bir şekilde yapılması, koltuk montajında hata oluşmasını önlemekte ve koltuk kalitesini arttırmaktadır.

Aksesuar montaj ve kaynak operasyonları arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur: Kaynak operasyonunun doğru şekilde yapılması ile aksesuar montajı gerektiği şekilde yapılabilir. Aksi halde aksesuarlarda ve aksesuar konumlarında uygunsuzluk meydana gelecektir.

Kaynak ve koltuk montaj operasyonları arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur: Kaynak operasyonunun doğru şekilde yapılması ile koltuk montajı gerektiği şekilde yapılabilir.

Aksesuar montaj ve koltuk montaj operasyonları arasında negatif bir ilişki bulunmuştur: Aksesuar montajda aksesuar miktarı ve kalitesi arttıkça karmaşıklık artacağından koltuk montajı zorlaşmaktadır. Aksesuar montaj operasyonunun bir kısmı koltuk montajında tamamlanabilmektedir.

Aksesuar montaj ile sünger prosesi arasında negatif bir ilişki bulunmuştur: Koltukta istenen aksesuarlara göre sünger prosesi değişmekte ve zorlaşmaktadır. Örneğin koltukta monitör olması süngerde monitör yeri açılmasını gerektirir.

Aksesuar montaj ile başlık ön montaj operasyonu arasında negatif bir ilişki bulunmuştur: Ayarlanabilir başlık bulunması aksesuar montaj işlemine ek işçilik gerektirmektedir ve işlemi zorlaştırmaktadır.

Kaynak operasyonu ile başlık ön montaj arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur: Kaynak operasyonunun kalitesi başlık ön montaj operasyonunun düzgün bir şekilde yapılmasını sağlayacaktır.

Aksesuar montaj ile sünger prosesi arasında negatif bir ilişki bulunmuştur: Koltukta istenen aksesuarlara göre sünger prosesi değişmekte ve zorlaşmaktadır. Örneğin koltukta monitör olması süngerde monitör yeri açılmasını gerektirmektedir.

Sünger prosesi ve başlık ön montaj arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur: süngerin kalitesi başlık ön montajın ve başlığın kalitesini arttırmaktadır.

Başlık ön montaj ve aksesuar hazırlık operasyonları arasında negatif bir ilişki bulunmuştur: Aynı bir başlığın bulunması ve ön montajının yapılması ek olarak aksesuar montaja hazırlık operasyonu gerektirmektedir.

Dikiş ve kılık giydirme operasyonları arasında pozitif bir ilişki bulunmuştur: Dikiş prosesinde meydana gelen hatalar giydirme işleminden sonra fark edilmektedir. Hatalar geç görüldüğünde ya da fark edilemediğinde maliyetin artmasına neden olmaktadır.

Kalite fonksiyonu yayılımının analizi sonucunda; önem derecesi daha yüksek olan hareketli başlık, yastık özellikli başlık, bağımsız tablet ve TV monitörü müşteri isteklerinin gerçekleştirilmesine öncelik verilmesi kararlaştırılmıştır. Bu özelliklerin koltuğa eklenmesi için ise aksesuar montaj, kaynak operasyonu, sünger prosesi ve başlık ön montaj teknik gereksinimlerinin geliştirilmesine öncelik verilmesi gerekmektedir. Bu özelliklerin yanında koltukta yatırılabilir arkalık ve ayak dayama özellikleri opsiyonel olarak her model koltukta kullanılabilir. Bu nedenle tasarlanacak olan koltukta da müşteri isteğine bağlı olarak eklenebilecektir.

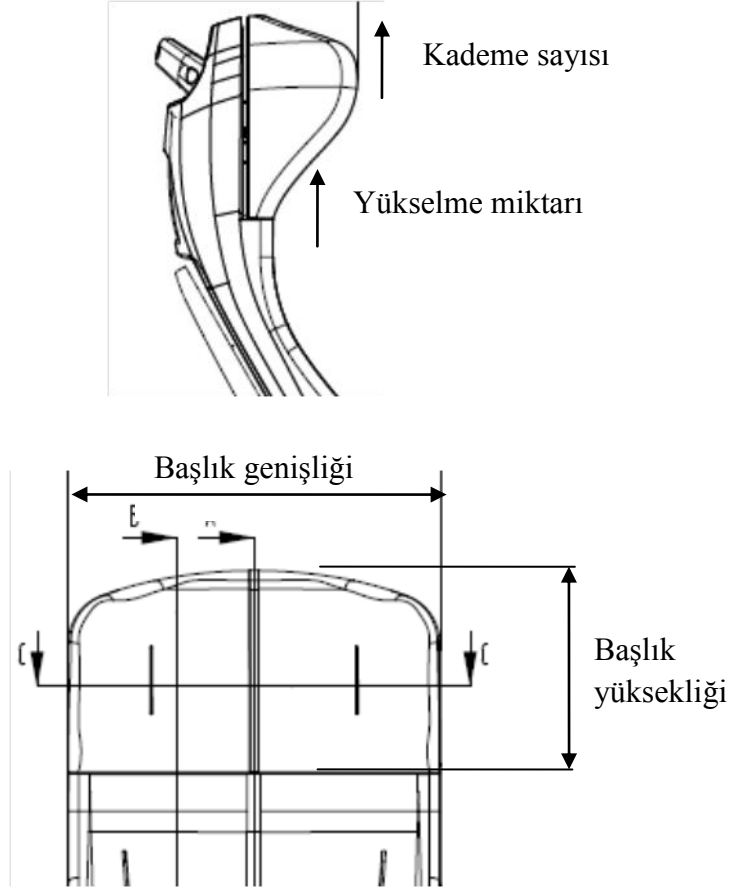
5.2.Hata Türü ve Etkileri Analizi

Üç koltuk için hazırlanan Proses FMEA'lar Ek-4'de verilmiştir. Bu çalışmada QFD analizinde ön görülen müşteri istekleri ve teknik gereksinimler arasındaki ilişkiler daha açık bir şekilde ifade edilmiştir.

5.3.Aksiyomatik Tasarım

5.3.1. Tasarım özellikleri

Hareketli başlık:

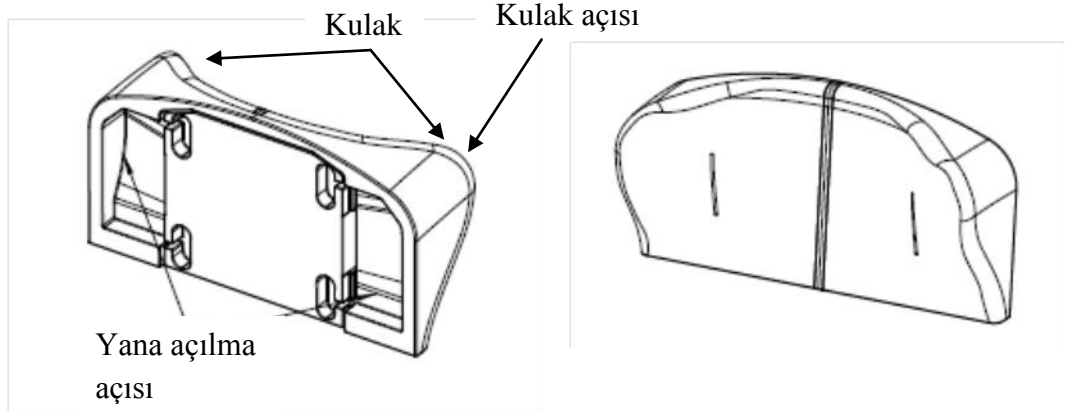


Şekil 5.4. Hareketli başlık tasarım özellikleri

Hareketli başlığın sistem özellikleri Şekil 5.4’de gösterilmiştir. Bu özellikler için istenen sistem aralığı aşağıda verilmiştir.

- Yükselme miktarı : 55-80 mm
- Kademe sayısı : 5-7 kademe
- Başlık genişliği : 400-450 mm
- Başlık yüksekliği : 230-250 mm

Yastık özellikli başlık:

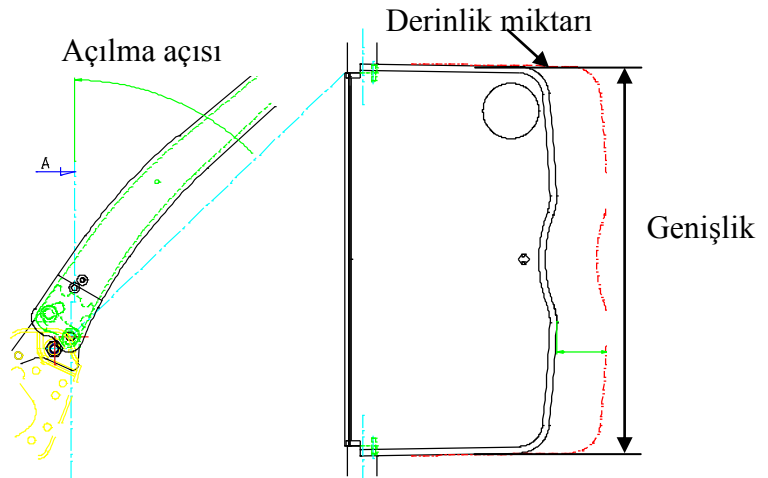


Şekil 5.5. Yastık özellikli başlık tasarım özellikleri

Yastık özellikli başlığın sistem özellikleri Şekil 5.5’de gösterilmiştir. Bu özellikler için istenen sistem aralığı aşağıda verilmiştir.

- Yana açılma açısı : 20-25°
- Kulak : var
- Kulak açısı : 30-45°

Bağımsız tablet:

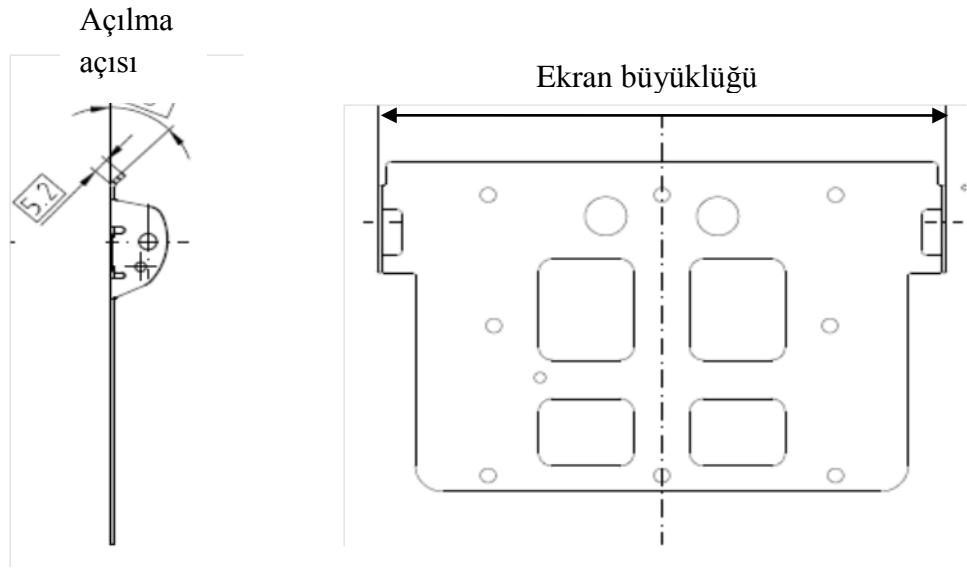


Şekil 5.6. Bağımsız tablet tasarım özellikleri

Bağımsız tabletin sistem özellikleri Şekil 5.6’da gösterilmiştir. Bu özellikler için istenen sistem aralığı aşağıda verilmiştir.

- Açılma açısı : 45-65°
- Derinlik miktarı : 40-60 mm
- Genişlik : 400-420 mm

TV monitörü:



Şekil 5.7. TV monitörü tasarım özellikleri

TV monitörünün sistem özellikleri Şekil 5.7’de gösterilmiştir. Bu özellikler için istenen sistem aralığı aşağıda verilmiştir.

- Açılma açısı : 20-50°
- Ekran genişliği : 7-10 inç

5.3.2. Sistem özellikleri

Koltuk A:

Hedef koltukta istenen tasarım özelliklerinin A koltuğunda analiz edilmesi sonucunda elde edilen tasarım aralıkları aşağıda verilmiştir:

a. Hareketli başlık:

- Yükselme miktarı : 0-60 mm
- Kademe sayısı : 0-6 kademe
- Başlık genişliği : 420-430 mm
- Başlık yüksekliği : 220-230 mm

b. Yastık özellikli başlık:

- Yana açılma açısı : 0-20°
- Kulak : var
- Kulak açısı : 45°

c. Bağımsız tablet:

- Açılma açısı : 0-46°
- Derinlik miktarı : 0-50 mm
- Genişlik : 400 mm

d. TV monitörü:

- Açılma açısı : 0-45°
- Ekran genişliği : 7 inç

Koltuk B:

Hedef koltukta istenen tasarım özelliklerinin B koltuğunda analiz edilmesi sonucunda elde edilen tasarım aralıkları aşağıda verilmiştir:

a. Hareketli başlık:

- Yükselme miktarı : 0-50 mm
- Kademe sayısı : 0-5 kademe
- Başlık genişliği : 450-475 mm
- Başlık yüksekliği : 195-210 mm

b. Yastık özellikli başlık:

- Yana açılma açısı : 0-20°
- Kulak : var
- Kulak açısı : 27°

c. Bağımsız tablet:

- Açılma açısı : 0-46°
- Derinlik miktarı : 0-50 mm
- Genişlik : 410 mm

d. TV monitörü:

- Açılma açısı : 0-21°
- Ekran genişliği : 10 inç

Koltuk C:

Hedef koltukta istenen tasarım özelliklerinin C koltuğunda analiz edilmesi sonucunda elde edilen tasarım aralıkları aşağıda verilmiştir:

a. Hareketli başlık:

- Yükselme miktarı : 0-50 mm
- Kademe sayısı : yok
- Başlık genişliği : 440-450 mm
- Başlık yüksekliği : 250-260 mm

b. Yastık özellikli başlık:

- Yana açılma açısı : 0-30°
- Kulak : var
- Kulak açısı : 40°

c. Bağımsız tablet:

- Açılma açısı : 0-40°
- Derinlik miktarı : yok
- Genişlik : 420 mm

d. TV monitörü:

- Açılma açısı : 0-15°
- Ekran genişliği : 7 inç

5.3.3. Aksiyomatik tasarımın uygulanması

a. Hareketli Başlık

Çizelge 5.14. Hareketli başlık sistem aralıkları

	Yükselme miktarı	Kademe sayısı	Başlık genişliği	Başlık yüksekliği
A	0-60 mm	0-6 kademe	420-430 mm	220-230 mm
B	0-50 mm	0-5 kademe	450-475 mm	195-210 mm
C	0-50 mm	-	440-450 mm	250-260 mm

Tasarım aralıkları:

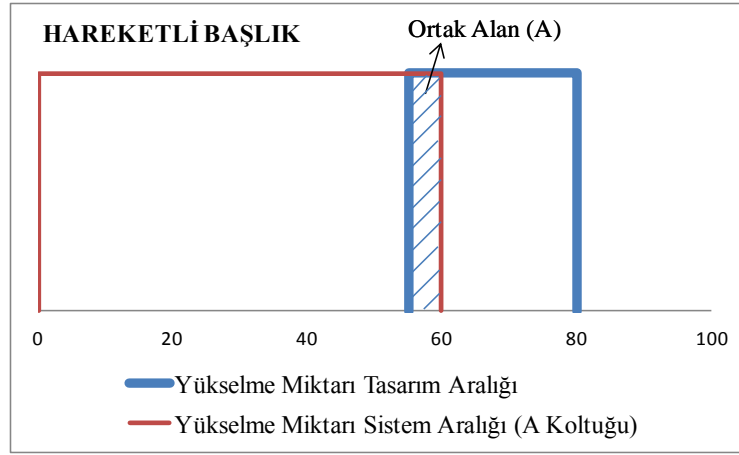
- 1,1= Yükselme miktarı : 55-80 mm
- 1,2= Kademe sayısı : 5-7 kademe
- 1,3= Başlık genişliği : 400-450 mm
- 1,4= Başlık yüksekliği : 230-250 mm

$$P = \frac{\text{Ortak Aralık}}{\text{Sistem Aralığı}}$$

$$I = \log_2 \frac{1}{p}$$

Not: Verilen aralıklarda sınır değerleri de kabul edildiğinden hesaplamada göz önüne alınacaktır.

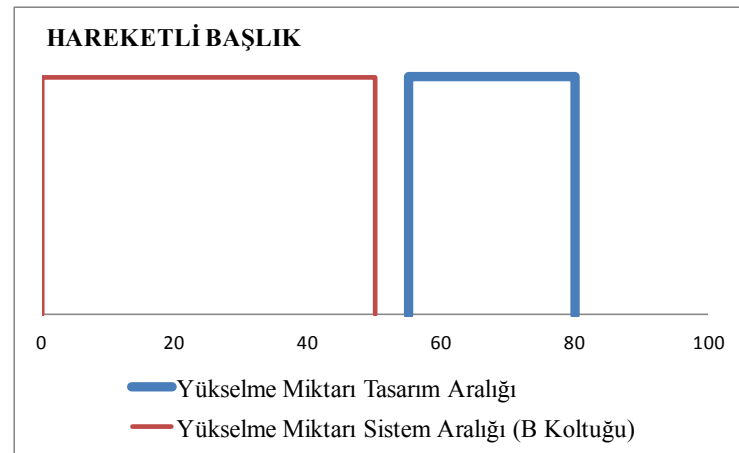
- Hareketli başlık, yükselme miktarı:



Şekil 5.8. A koltuğunun hareketli başlığının yükselme miktarı olasılık yoğunluğu

$$P_{1,1,A} = \frac{\text{Ortak Aralık}}{\text{Sistem Aralığı}} = \frac{(60 - 55) + 1}{(60 - 0) + 1} \cong 0,098$$

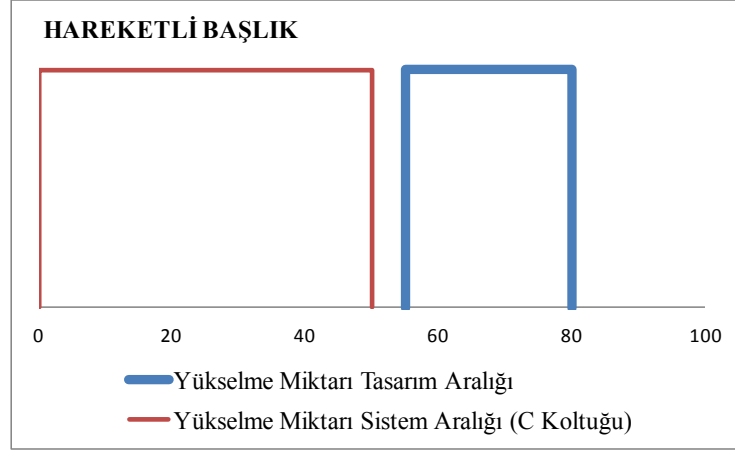
$$I_{1,1,A} = \log_2 \frac{1}{P_{1,1,A}} = \log_2 \frac{1}{0,098} \cong 3,35$$



Şekil 5.9. B koltuğunun hareketli başlığının yükselme miktarı olasılık yoğunluğu

$$P_{1,1,B} = \frac{0}{(50-0)+1} = 0 ,$$

$$I_{1,1,B} = \log_2 \frac{1}{0} = \text{Sonsuz}$$

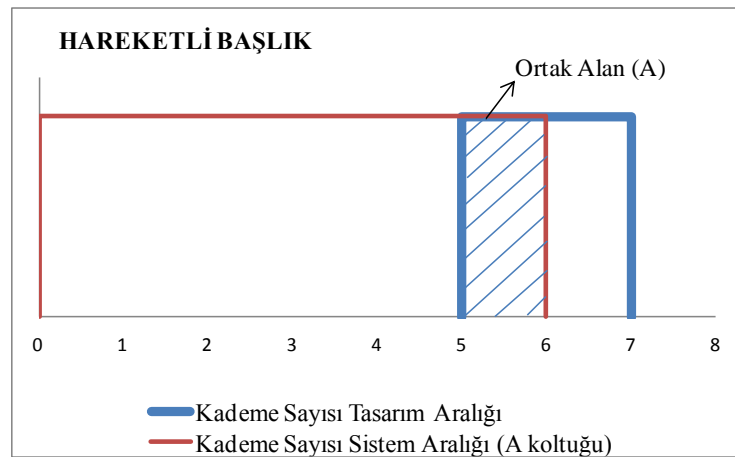


Şekil 5.10. C koltuğunun hareketli başlığının yükselme miktarı olasılık yoğunluğu

$$P_{1,1,C} = \frac{0}{(50-0)+1} = 0 ,$$

$$I_{1,1,C} = \log_2 \frac{1}{0} = \text{Sonsuz}$$

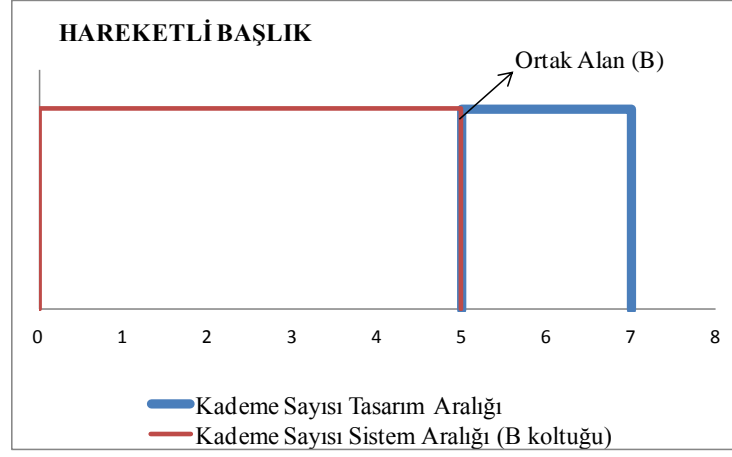
- Hareketli başlık, kademe sayısı:



Şekil 5.11. A koltuğunun hareketli başlığının kademe sayısı olasılık yoğunluğu

$$P_{1,2,A} = \frac{(6-5)+1}{(6-0)+1} \cong 0,286 ,$$

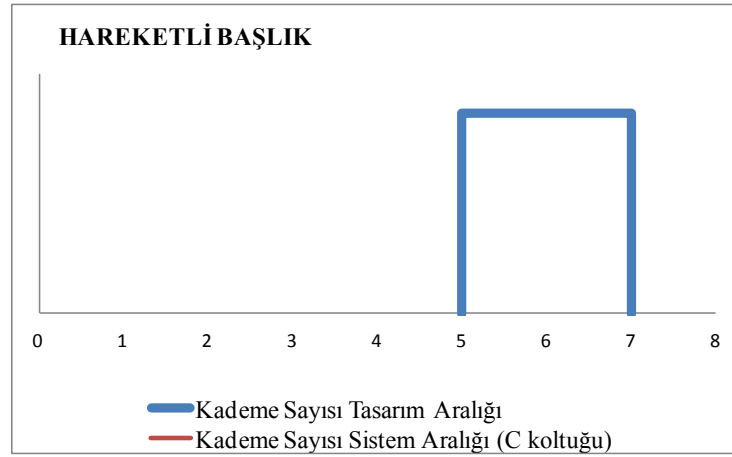
$$I_{1,2,A} = \log_2 \frac{1}{0,286} \cong 1,81$$



Şekil 5.12. B koltuğunun hareketli başlığının kademe sayısı olasılık yoğunluğu

$$P_{1,2,B} = \frac{(5-5)+1}{(5-0)+1} \cong 0,167 ,$$

$$I_{1,2,B} = \log_2 \frac{1}{0,17} \cong 2,58$$

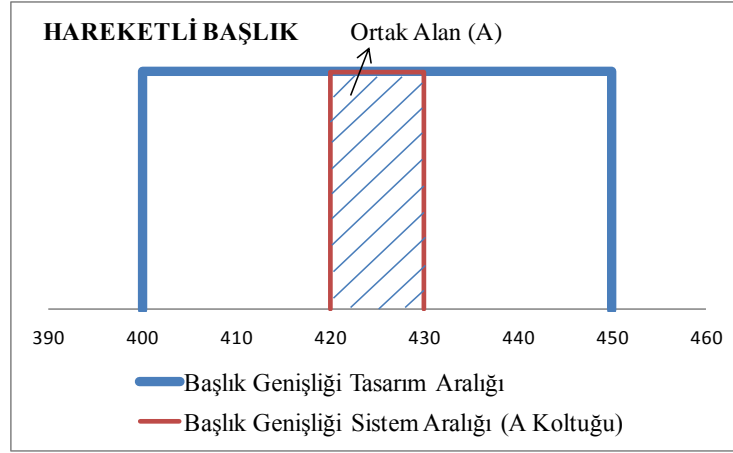


Şekil 5.13. C koltuğunun hareketli başlığının kademe sayısı olasılık yoğunluğu

$$P_{1,2,C} = \frac{0}{0} = 0 ,$$

$$I_{1,2,C} = \log_2 \frac{1}{0} = \text{Sonsuz}$$

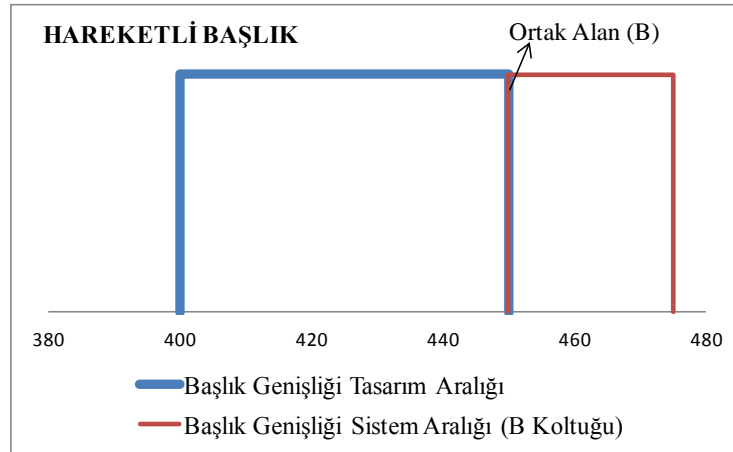
- Hareketli başlık, başlık genişliği:



Şekil 5.14. A koltuğunun hareketli başlığının başlık genişliğinin olasılık yoğunluğu

$$P_{1,3,A} = \frac{(430-420)+1}{(430-420)+1} = 1 ,$$

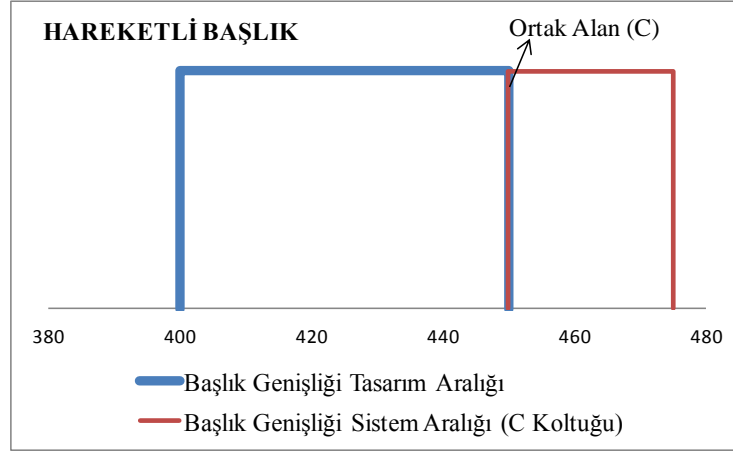
$$I_{1,3,A} = \log_2 \frac{1}{1} = 0$$



Şekil 5.15. B koltuğunun hareketli başlığının başlık genişliğinin olasılık yoğunluğu

$$P_{1,3,B} = \frac{(450-450)+1}{(475-450)+1} \cong 0,038 ,$$

$$I_{1,3,B} = \log_2 \frac{1}{0,038} \cong 4,72$$

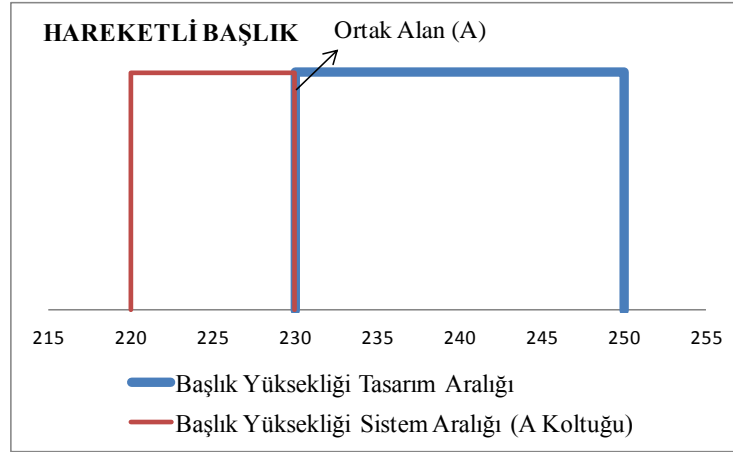


Şekil 5.16. C koltuğunun hareketli başlığının başlık genişliğinin olasılık yoğunluğu

$$P_{1,3,C} = \frac{(450-440)+1}{(450-440)+1} = 1 ,$$

$$I_{1,3,C} = \log_2 \frac{1}{1} = 0$$

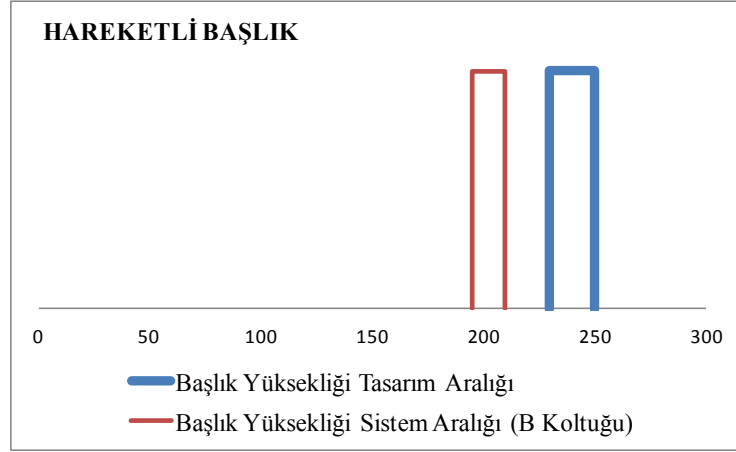
- Hareketli başlık, başlık yüksekliği:



Şekil 5.17. A koltuğunun hareketli başlığının başlık yüksekliği olasılık yoğunluğu

$$P_{1,4,A} = \frac{(230-230)+1}{(230-220)+1} \cong 0,091,$$

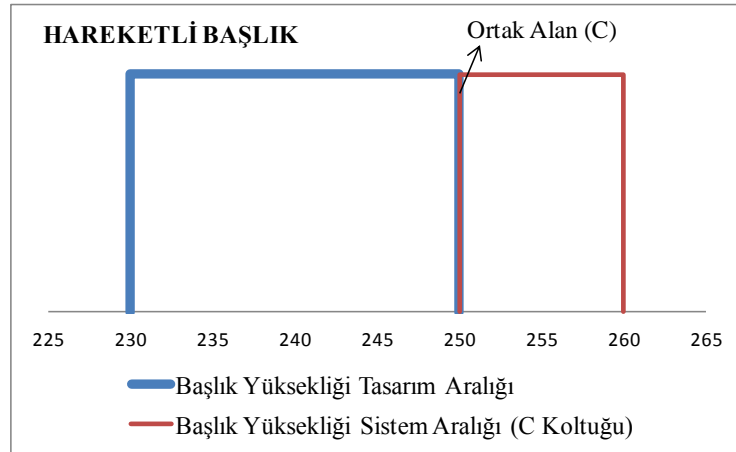
$$I_{1,4,A} = \log_2 \frac{1}{0,091} \cong 3,46$$



Şekil 5.18. B koltuğunun hareketli başlığının başlık yüksekliği olasılık yoğunluğu

$$P_{1,4,B} = \frac{0}{(210-190)+1} = 0 ,$$

$$I_{1,4,B} = \log_2 \frac{1}{0} = \text{Sonsuz}$$



Şekil 5.19. C koltuğunun hareketli başlığının başlık yüksekliği olasılık yoğunluğu

$$P_{1,4,C} = \frac{(250-250)1}{(260-250)+1} \cong 0,091,$$

$$I_{1,4,C} = \log_2 \frac{1}{0,05} \cong 3,46$$

Çizelge 5.15. Hareketli başlık bilgi içerikleri

Hareketli Başlık	I _{1,1} (bit)	I _{1,2} (bit)	I _{1,3} (bit)	I _{1,4} (bit)	ΣI ₁ (bit)
A	3,35	1,81	0	3,46	8,62
B	Sonsuz	2,58	4,72	Sonsuz	Sonsuz
C	Sonsuz	Sonsuz	0	3,46	Sonsuz

b. Yastık Özellikli Başlık

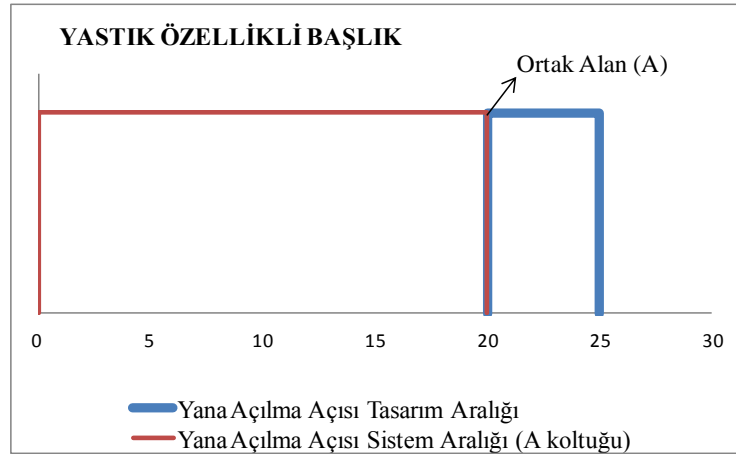
Çizelge 5.16. Yastık özellikli başlık sistem aralıkları

	Yana açılma açısı	Kulak	Kulak açısı
A	0-20°	var	45°
B	0-20°	var	27°
C	0-30°	var	40°

Tasarım aralıkları:

- 2,1= Yana açılma açısı : 20-25°
- 2,2= Kulak : var/yok
- 2,3= Kulak açısı : 30-45°

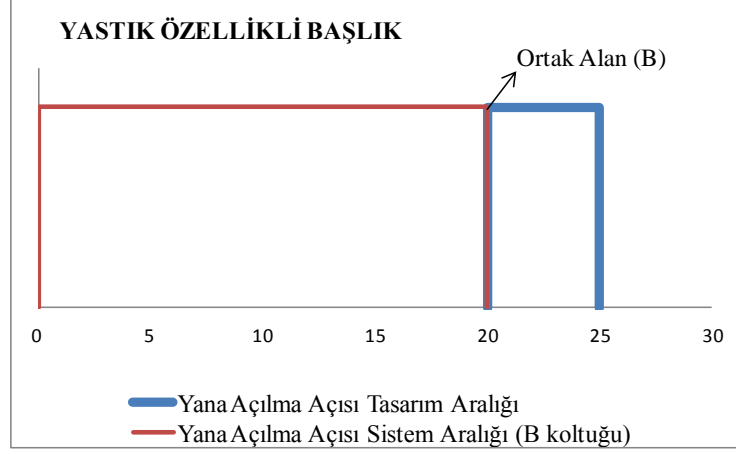
- Yastık özellikli başlık, yana açılma açısı:



Şekil 5.20. A koluğunun yastık özellikli başlığının yana açılma açısı olasılık yoğunluğu

$$P_{2,1,A} = \frac{\text{Ortak Aralık}}{\text{Sistem Aralığı}} = \frac{(20 - 20) + 1}{(20 - 0) + 1} \cong 0,048$$

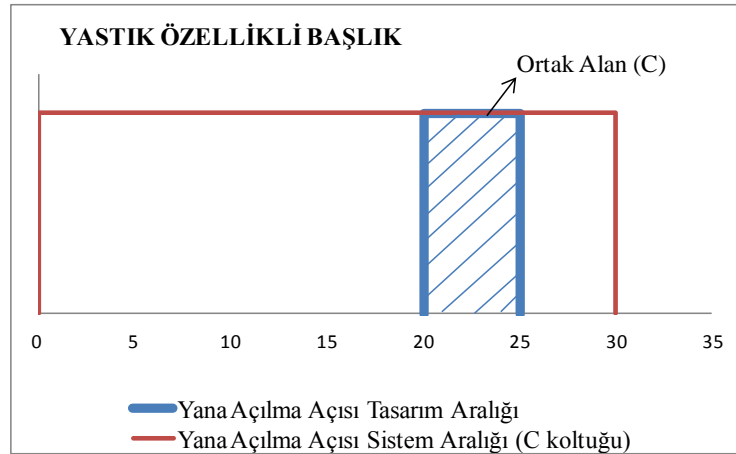
$$I_{2,1,A} = \log_2 \frac{1}{P_{2,1,A}} = \log_2 \frac{1}{0,048} \cong 4,38$$



Şekil 5.21. B koluğunun yastık özellikli başlığının yana açılma açısı olasılık yoğunluğu

$$P_{2,1,B} = \frac{(20-20)+1}{(20-0)+1} \cong 0,048 ,$$

$$I_{2,1,B} = \log_2 \frac{1}{0,048} \cong 4,38$$

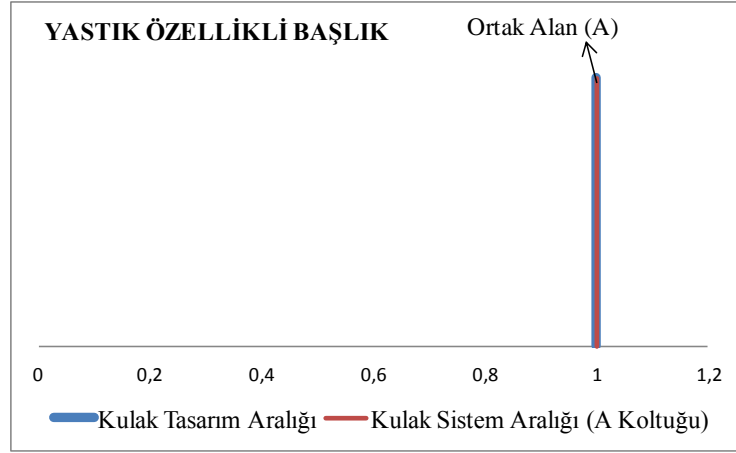


Şekil 5.22. C koluğunun yastık özellikli başlığının yana açılma açısı olasılık yoğunluğu

$$P_{2,1,C} = \frac{(25-20)+1}{(30-0)+1} = 0,194 ,$$

$$I_{2,1,C} = \log_2 \frac{1}{0,194} \cong 2,36$$

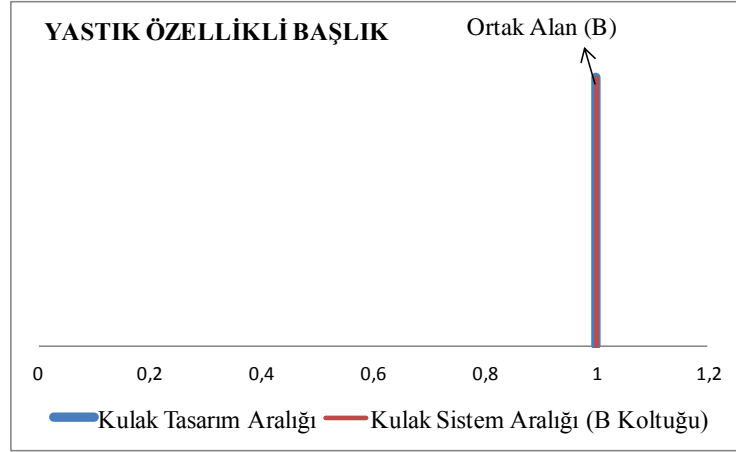
- Yastık özellikli başlık, kulak:



Şekil 5.23. A koltuğunun yastık özellikli başlığının kulak olasılık yoğunluğu

$$P_{2,2,A} = \frac{1}{1} = 1 ,$$

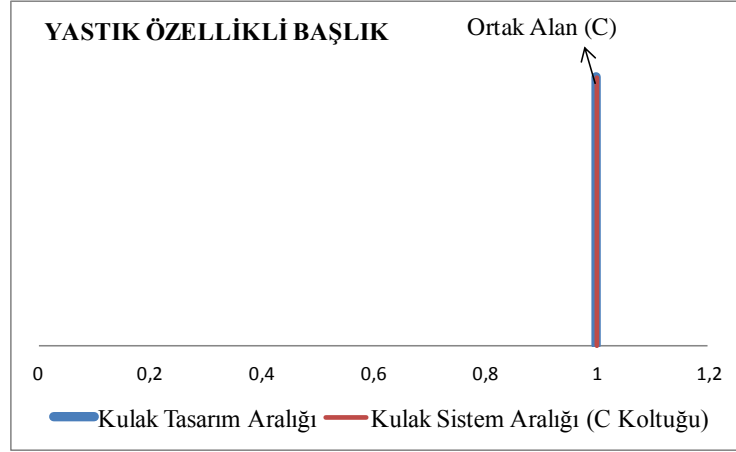
$$I_{2,2,A} = \log_2 \frac{1}{1} = 0$$



Şekil 5.24. B koltuğunun yastık özellikli başlığının kulak olasılık yoğunluğu

$$P_{2,2,B} = \frac{1}{1} = 1 ,$$

$$I_{2,2,B} = \log_2 \frac{1}{1} = 0$$

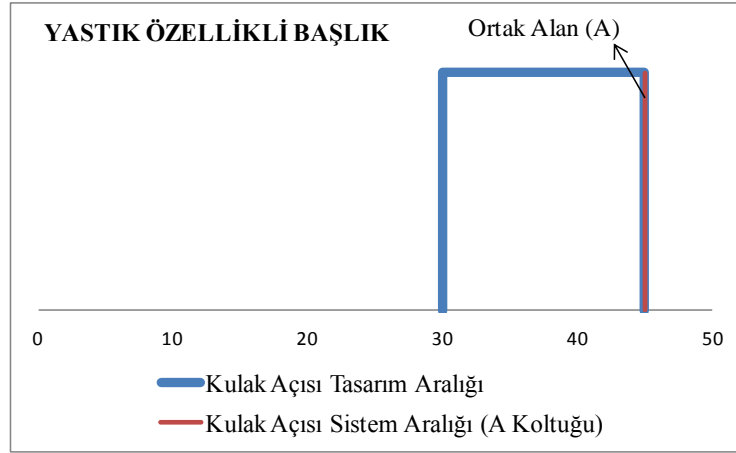


Şekil 5.25. C koluğunun yastık özellikli başlığının kulak olasılık yoğunluğu

$$P_{2,2,C} = \frac{1}{1} = 1 ,$$

$$I_{2,2,C} = \log_2 \frac{1}{1} = 0$$

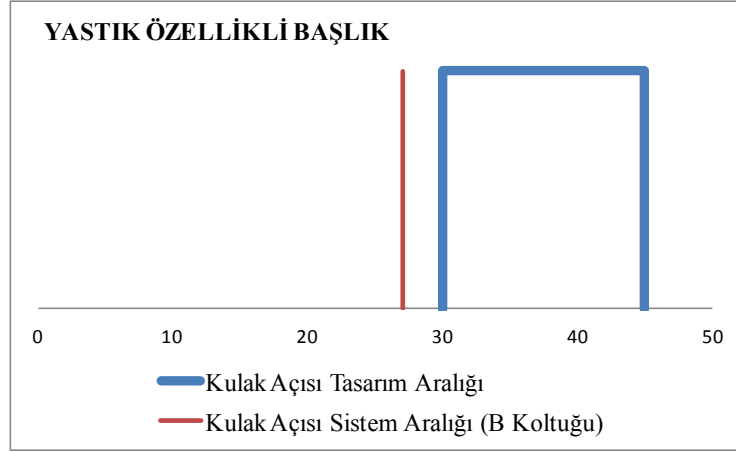
- Yastık özellikli başlık, kulak açısı:



Şekil 5.26. A koluğunun yastık özellikli başlığının kulak açısı olasılık yoğunluğu

$$P_{2,3,A} = \frac{(45-45)+1}{(45-45)+1} = 1 ,$$

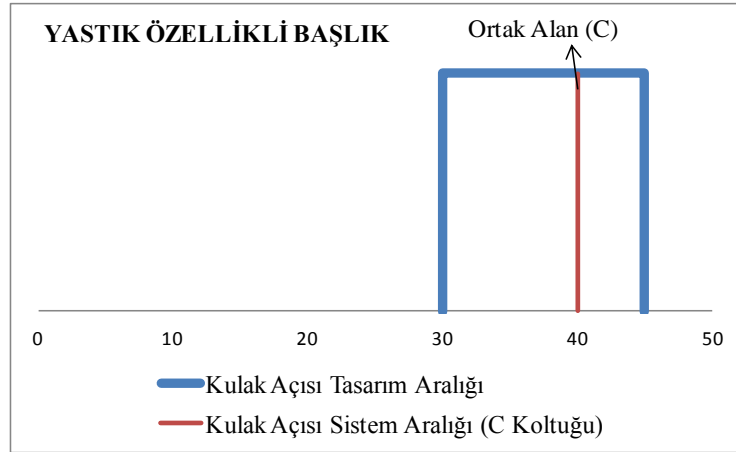
$$I_{2,3,A} = \log_2 \frac{1}{1} = 0$$



Şekil 5.27. B koltuğunun yastık özellikli başlığının kulak açısı olasılık yoğunluğu

$$P_{2,3,B} = \frac{0}{(27-27)+1} = 0 ,$$

$$I_{2,3,B} = \log_2 \frac{1}{0} = \text{Sonsuz}$$



Şekil 5.28. C koltuğunun yastık özellikli başlığının kulak açısı olasılık yoğunluğu

$$P_{2,3,C} = \frac{(40-40)+1}{(40-40)+1} = 1 ,$$

$$I_{2,3,C} = \log_2 \frac{1}{1} = 0$$

Çizelge 5.17. Yastık özellikli başlık bilgi içerikleri

Yastık Özellikli Başlık	$I_{2,1}$ (bit)	$I_{2,2}$ (bit)	$I_{2,3}$ (bit)	ΣI_2 (bit)
A	4,38	0	0	4,38
B	4,38	0	Sonsuz	Sonsuz
C	2,36	0	0	2,36

Bağımsız Tablet

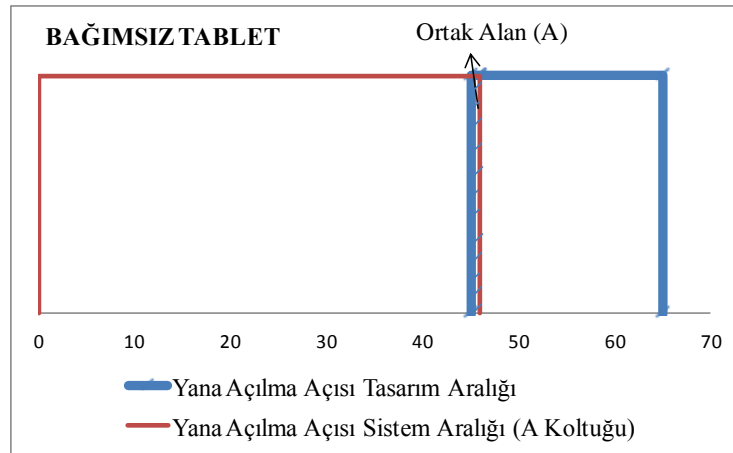
Çizelge 5.18. Bağımsız tablet sistem aralıkları

	Açılma açısı	Derinlik miktarı	Genişlik
A	0-46°	0-50 mm	400 mm
B	0-46°	0-50 mm	410 mm
C	0-40°	-	420 mm

Tasarım aralıkları:

- 3,1= Açılma açısı : 45-65°
- 3,2= Derinlik miktarı : 40-60 mm
- 3,3= Genişlik : 400-420 mm

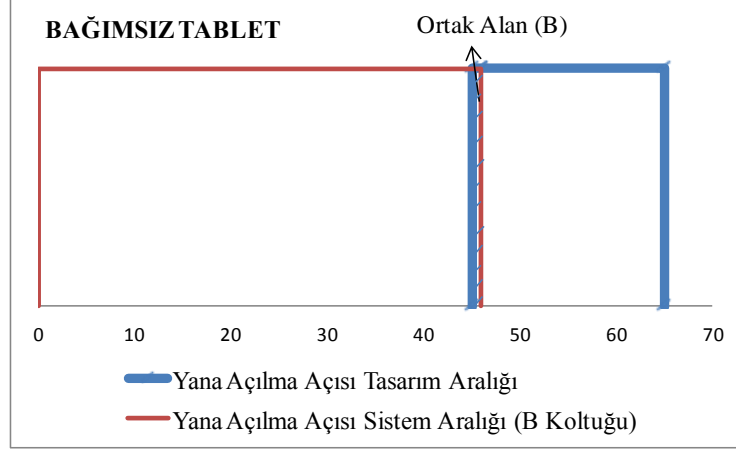
- Bağımsız tablet, açılma açısı:



Şekil 5.29. A koltuğunun bağımsız tabletinin yana açılma açısı olasılık yoğunluğu

$$P_{3,1,A} = \frac{(46-45)+1}{(46-0)+1} \cong 0,043 ,$$

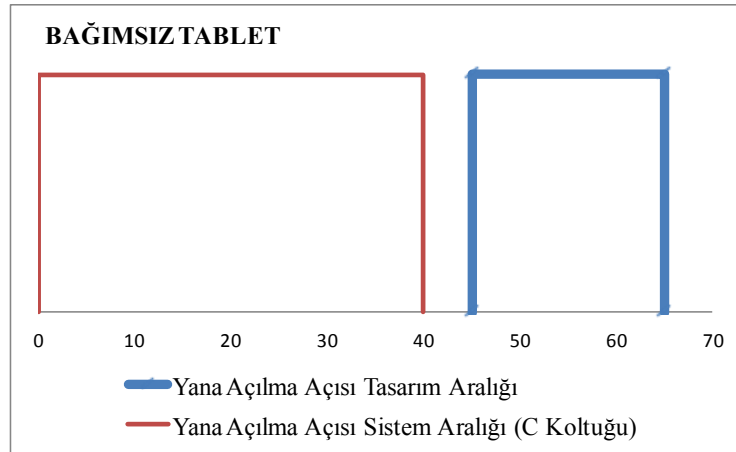
$$I_{3,1,A} = \log_2 \frac{1}{0,043} \cong 4,54$$



Şekil 5.30. B koluğunun bağımsız tabletinin yana açılma açısı olasılık yoğunluğu

$$P_{3,1,B} = \frac{(46-45)+1}{(46-0)+1} \cong 0,043 ,$$

$$I_{3,1,B} \cong \log_2 \frac{1}{0,043} = 4,54$$

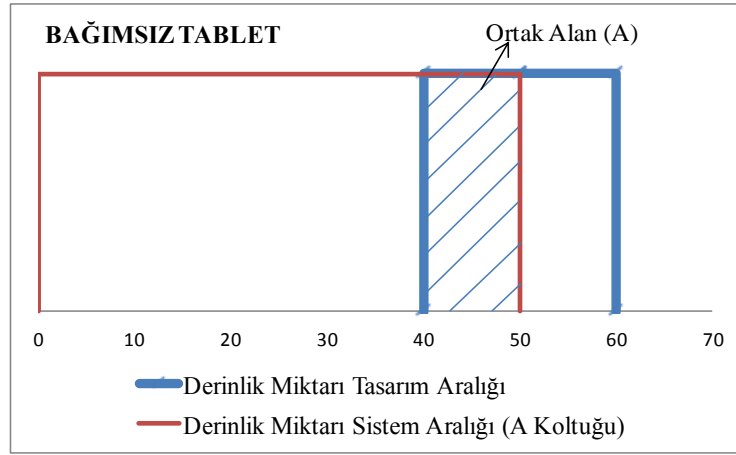


Şekil 5.31. C koluğunun bağımsız tabletinin yana açılma açısı olasılık yoğunluğu

$$P_{3,1,C} = \frac{0}{(40-0)+1} = 0 ,$$

$$I_{3,1,C} = \log_2 \frac{1}{0} = \text{Sonsuz}$$

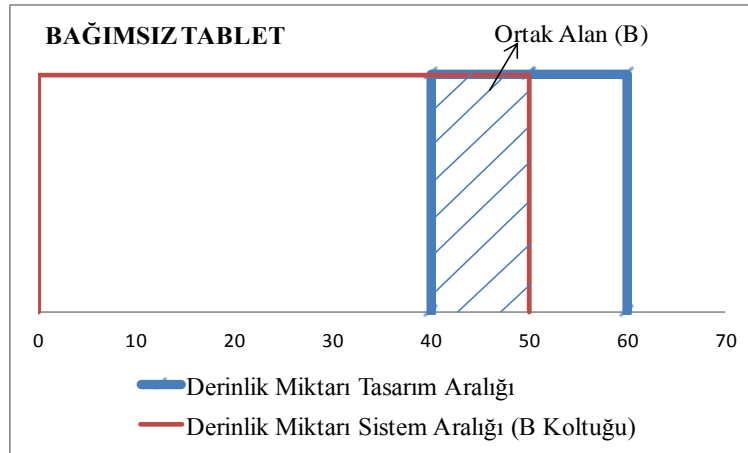
- Bağımsız tablet, derinlik miktarı:



Şekil 5.32. A koluğunun bağımsız tabletinin derinlik miktarı olasılık yoğunluğu

$$P_{3,2,A} = \frac{(50-40)+1}{(50-0)+1} \cong 0,216 ,$$

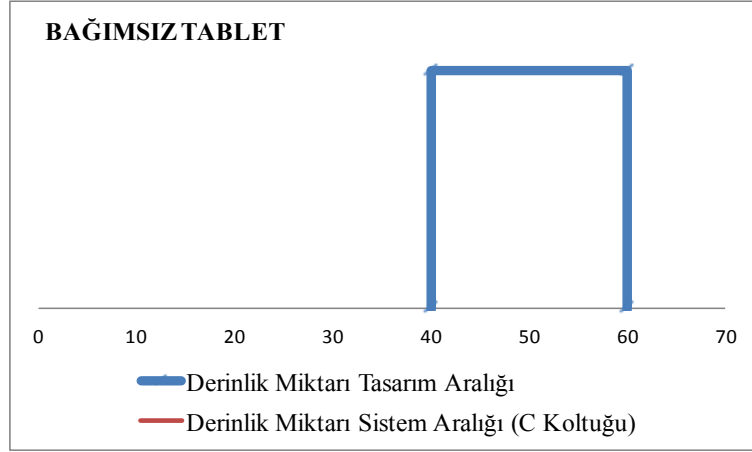
$$I_{3,2,A} = \log_2 \frac{1}{0,216} \cong 2,21$$



Şekil 5.33. B koluğunun bağımsız tabletinin derinlik miktarı olasılık yoğunluğu

$$P_{3,2,B} = \frac{(50-40)+1}{(50-0)+1} \cong 0,216 ,$$

$$I_{3,2,B} = \log_2 \frac{1}{0,216} \cong 2,21$$

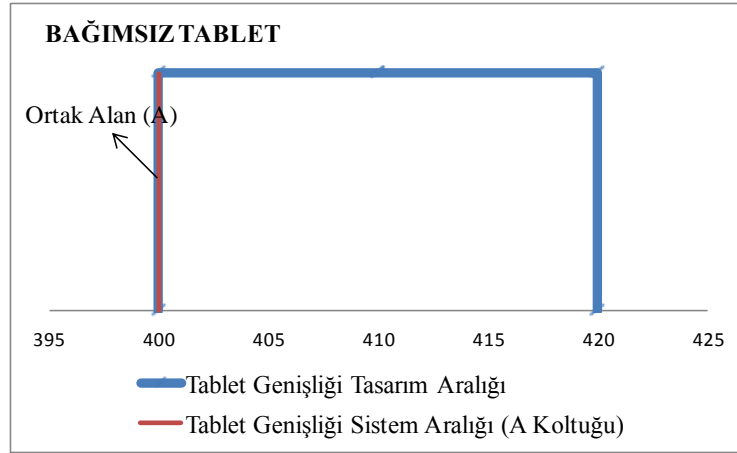


Şekil 5.34. C koluğunun bağımsız tabletinin derinlik miktarı olasılık yoğunluğu

$$P_{3,2,C} = \frac{0}{0} = 0 ,$$

$$I_{3,2,C} = \log_2 \frac{1}{0} = \text{Sonsuz}$$

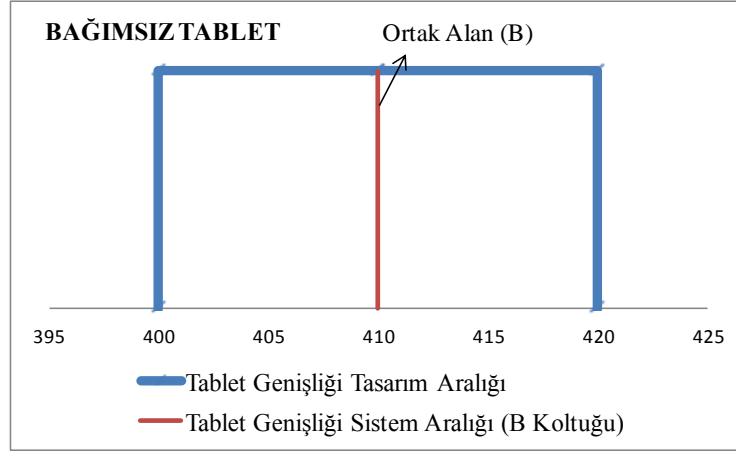
- Bağımsız tablet, tablet genişliği:



Şekil 5.35 A koluğunun bağımsız tabletinin tablet genişliği olasılık yoğunluğu

$$P_{3,3,A} = \frac{(400-400)+1}{(400-400)+1} = 1 ,$$

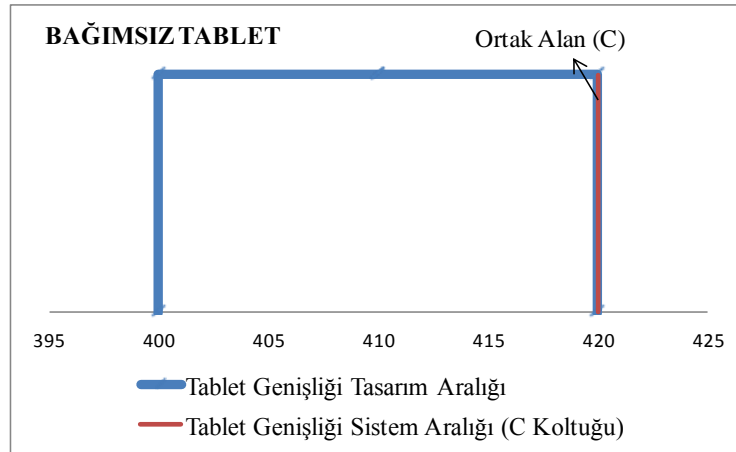
$$I_{3,3,A} = \log_2 \frac{1}{1} = 0$$



Şekil 5.36. B koluğunun bağımsız tabletinin tablet genişliği olasılık yoğunluğu

$$P_{3,3,B} = \frac{(410-410)+1}{(410-410)+1} = 1 ,$$

$$I_{3,3,B} = \log_2 \frac{1}{1} = 0$$



Şekil 5.37. C koluğunun bağımsız tabletinin tablet genişliği olasılık yoğunluğu

$$P_{3,3,C} = \frac{(420-420)+1}{(420-420)+1} = 1 ,$$

$$I_{3,3,C} = \log_2 \frac{1}{1} = 0$$

Çizelge 5.19. Bağımsız tablet bilgi içerikleri

Bağımsız Tablet	I _{3,1} (bit)	I _{3,2} (bit)	I _{3,3} (bit)	ΣI ₃ (bit)
A	4,54	2,21	0	6,75
B	4,54	2,21	0	6,75
C	Sonsuz	Sonsuz	0	Sonsuz

TV Monitörü

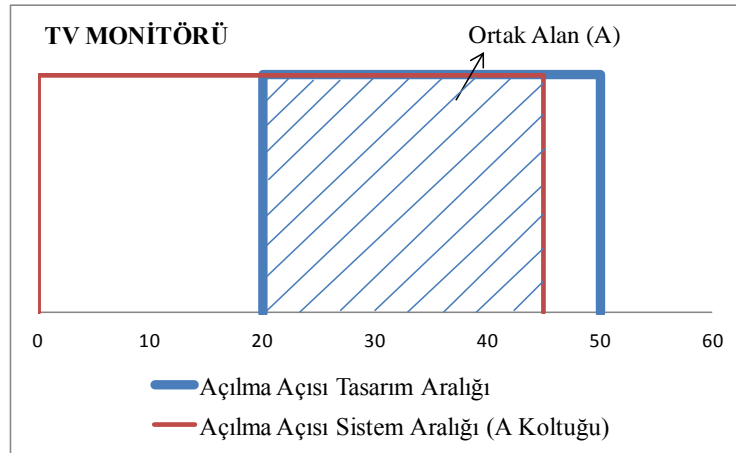
Çizelge 5.20. TV monitörü sistem aralıkları

	Açılma açısı	Ekran genişliği
A	0-45°	7 inç
B	0-21°	10 inç
C	0-15°	7 inç

Tasarım aralıkları:

- 4,1= Açılma açısı : 20-50°
- 4,2= Ekran genişliği : 7-10 inç

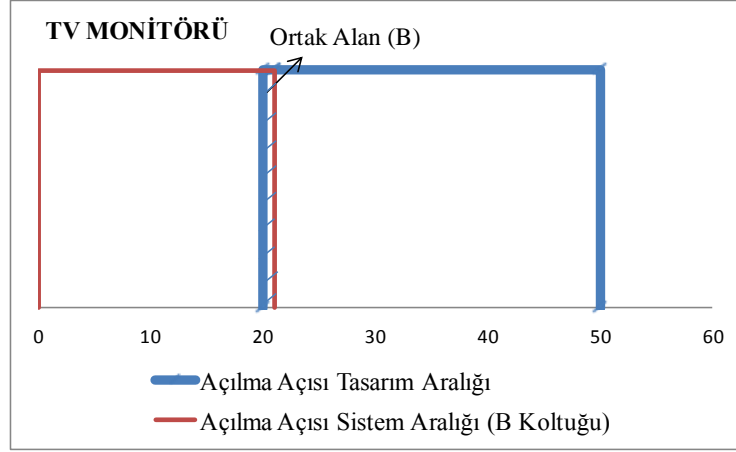
- TV monitörü, açılma açısı:



Şekil 5.38. A koltuğunun TV monitörünün açılma açısı olasılık yoğunluğu

$$P_{4,1,A} = \frac{(45-20)+1}{(45-0)+1} \cong 0,565 ,$$

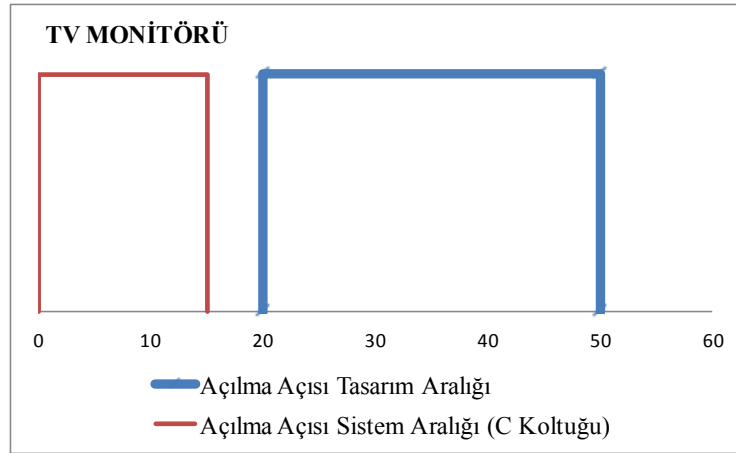
$$I_{4,1,A} = \log_2 \frac{1}{0,565} \cong 0,82$$



Şekil 5.39. B koltuğunun TV monitörünün açılma açısı olasılık yoğunluğu

$$P_{4,1,B} = \frac{(21-20)+1}{(21-0)+1} \cong 0,091 ,$$

$$I_{4,1,B} = \log_2 \frac{1}{0,091} \cong 3,46$$

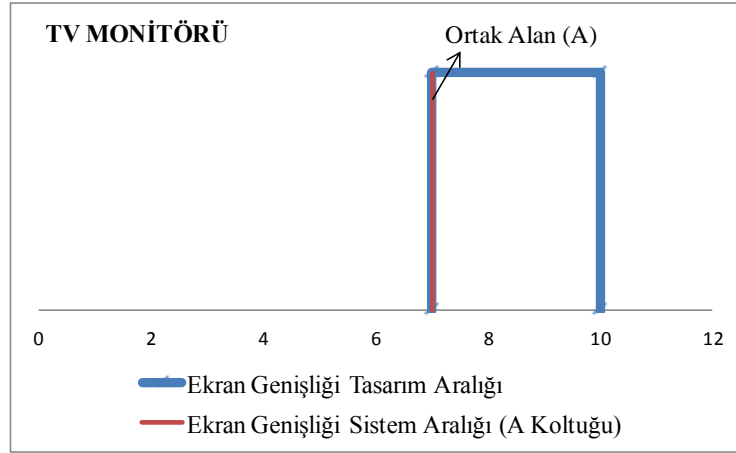


Şekil 5.40. C koltuğunun TV monitörünün açılma açısı olasılık yoğunluğu

$$P_{4,1,C} = \frac{0}{(15-0)+1} = 0 ,$$

$$I_{4,1,C} = \log_2 \frac{1}{0} = \text{Sonsuz}$$

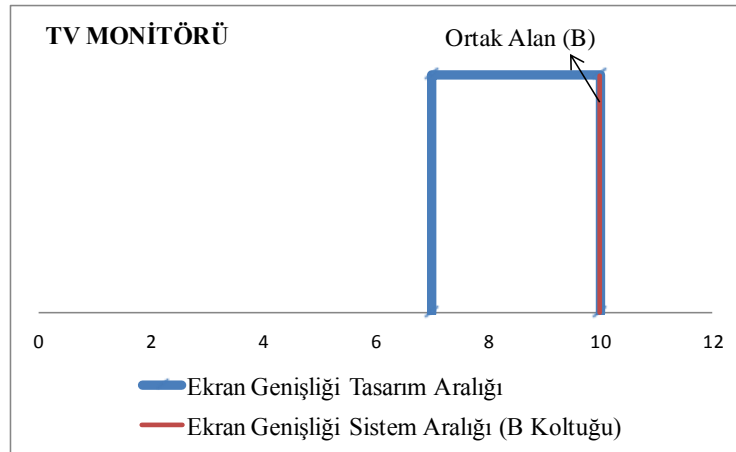
- TV monitörü, ekran genişliği:



Şekil 5.41. A koltuğunun TV monitörünün ekran genişliği olasılık yoğunluğu

$$P_{4,2,A} = \frac{(7-7)+1}{(7-7)+1} = 1 ,$$

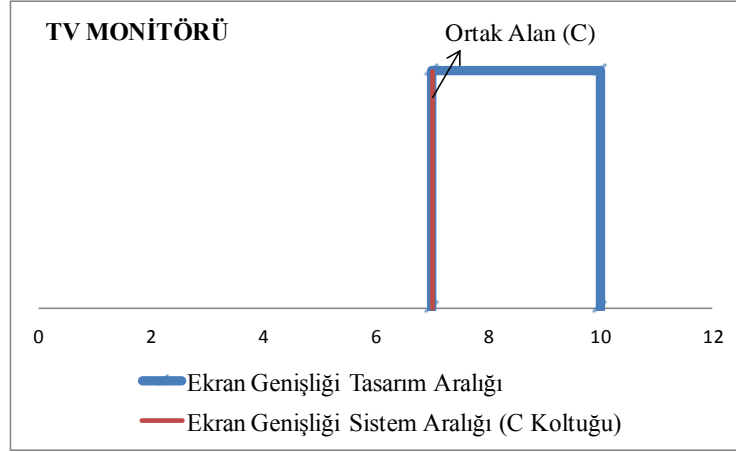
$$I_{4,2,A} = \log_2 \frac{1}{1} = 0$$



Şekil 5.42. B koltuğunun TV monitörünün ekran genişliği olasılık yoğunluğu

$$P_{4,2,B} = \frac{(10-10)+1}{(10-10)+1} = 1 ,$$

$$I_{4,2,B} = \log_2 \frac{1}{1} = 0$$



Şekil 5.43. C koltuğunun TV monitörünün ekran genişliği olasılık yoğunluğu

$$P_{4,2,C} = \frac{(7-7)+1}{(7-7)+1} = 1 ,$$

$$I_{4,2,C} = \log_2 \frac{1}{1} = 0$$

Çizelge 5.21. TV monitörü bilgi içerikleri

TV Monitörü	$I_{4,1}$ (bit)	$I_{4,2}$ (bit)	ΣI_4 (bit)
A	0,82	0	0,82
B	3,46	0	3,46
C	Sonsuz	0	Sonsuz

6. SONUÇ

Çizelge 6.22. Toplam bilgi içeriği tablosu

	ΣI_1 (bit)	ΣI_2 (bit)	ΣI_3 (bit)	ΣI_4 (bit)	ΣI (bit)
A	8,62	4,38	6,75	0,82	20,57
B	Sonsuz	Sonsuz	6,75	3,46	Sonsuz
C	Sonsuz	2,36	Sonsuz	Sonsuz	Sonsuz

A, B ve C koltuklarının özellikleri ile istenen tasarım özellikleri karşılaştırılmış ve yukarıdaki tabloda verilmiş olan sonuçlar elde edilmiştir. C tasarımı yastık özellikli başlık tasarımında en iyi sonucu vermektedir fakat diğer özellikleri sağlayamamaktadır. B tasarımı bağımsız tablet ve TV monitörü özelliklerini bir seviyede karşılayabilmekte fakat hareketli başlık ve yastık özellikli başlık isteklerini karşılayamamaktadır. B ve C koltuklarında tasarım aralığını karşılayamayan sistem özelliklerinde iyileştirme yapılarak istenen sonuç elde edilebilir.

Sonuç olarak bilgi içeriği en az olan tasarım A tasarımıdır. Bu koltuk istenen tasarım özelliklerini 3 koltuk arasında en çok sağlayan koltuktur. Bilgi içeriğine bakıldığında iyileştirmeler yapılarak daha iyi sonuç elde edilebileceği görülmektedir.

Yapılan analizden şu sonucu da çıkarmak mümkündür. A koltuğunun hareketli başlık, bağımsız tablet (B koltuğunun bağımsız tableti de kullanılabilir) ve TV monitörü tasarımlarını, C koltuğunun ise yastık özellikli başlık tasarımını içeren bir koltuk tasarımı en iyi sonucu verecektir.

KAYNAKLAR

Akao, Y. 1988. Quality function deployment QFD, integrating customer requirements into product design. Productivity Pres, Portland, Oregon.

Akao, Y. QFD: Past, present, and future. International Symposium on QFD '97, Asahi University, Linköping.

Akbaba, A. 2000. Kalite fonksiyon göçerimi metodu ve hizmet işletmelerine uygulanması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(3): 1-15.

Ardıç, K., Çevik, O., Göktaş, Ş. 2008. Kalite fonksiyon göçerimi (Gop üniversitesinde bir uygulama). *Akademik İncelemeler Dergisi*, 3(2): 111-139.

Babic, B. 1999. Axiomatic design of flexible manufacturing systems. *International Journal of Production Research*, 37(5): 1159-1173.

Bang, I.C. ve Heo, G. 2009. An axiomatic design approach in development of nanofluid coolants. *Applied Thermal Engineering* 29, 75–90.

Baxter, J. E., Agouridas, V., McKay, A. ve Pennington, A. 2002. Supply chain design: An application of axiomatic design. *Proceedings of ICAD2002*, Second International Conference on Axiomatic Design, Cambridge, MA (ICAD012). 1-7.

Bergquist, K., Abeysekera, J. 1996. Quality function deployment (QFD) - A means for developing usable products. *International Journal of Industrial Ergonomics* 18(4): 269-275.

Bozkurt, R. 1996. Hizmet endüstrilerinde kalite. *Milli Prodüktivite Merkezi Verimlilik Dergisi Toplam Kalite Özel Sayısı*, 2: 171-212.

Chen, S. J., Chen, L. C., ve Lin, L. 2000. Knowledge-based support for simulation analysis of manufacturing cells. *Computers in Industry* , 4433-4449.

Cochran, D. S., Eversheim, W., Kubin, G. ve Sesterhenn, M. L. 2000. The application of AD and lean management principles in the scope of production system segmentation, *International Journal of Production Research*, 38(6): 1377-1396.

Cochran, D. S., Kim, Y. S. ve Kim, J. 2000. The alignment of performance measurement with the manufacturing system design. *Proceedings of ICAD2000*, first international conference on axiomatic design, Cambridge, 115-122.

Cochran, D. S. ve Reynal, V. A. 1996. Axiomatic design of manufacturing systems. *The Lean Aircraft Initiative Report Series*, RP96-05-14, Mass. Institute of Technology.

Costa, A.I.A., Dekker, M., Jongen ve W.M.F. 2000. Quality function deployment in the food industry: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 11(9): 306-314.

Cotoia, M. ve Johnson S. 2001. Applying the axiomatic approach to business process redesign. *Business Process Management Journal*, 7(4): 304-322.

Çebi, S., Çelik, M. ve Kahraman, C. 2008. Gemi sistemleri için entegre bakım-onarım yönetimi gereksiniminin analizi. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 3(4): 17-24.

Dastagiri, M. ve Maruthi Prasad, M. (2010). Application of axiomatic design in injection molding process. *Frontiers in Automobile and Mechanical Engineering*, 222-228.

Delice Kılıç, E., Güngör, Z. 2008. Kalite fonksiyon yayılımı için yeni bir yaklaşım: Bir uygulama. Akademik Bilişim Konferansı, 30 Ocak-01Şubat 2008, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.

Durmuşoğlu, M. B., Kulak, O. 2004. Aksiyomlarla tasarım ilkelerine göre takım çalışması esaslı ofis hücrelerinin planlanması ve uygulanması. *Endüstri Mhendisliği Dergisi*, 15(1): (16-34).

El-Haik, B. S. 2005. Axiomatic quality integrating axiomatic design with six-sigma, reliability, and quality engineering. John Wiley & Sons, United States of America, 285pp.

Eymen, U. E., 2006. Kalite fonksiyon gcerimi. Kaliteofisi Yayınları, No:11.

Gu, P., Rao, H. A. ve Tseng, M. M. 2001. Systematic design of manufacturing systems based on axiomatic design approach. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 50(1): 299-301.

Gunasekera, J. S., Ali, A. F. 1995. A three-step approach to designing a metal-forming process. *Journal of Management*, 47(6): 22–25.

Gll, E., Ulcay, Y. 2002. Kalite fonksiyonu yayılımı ve bir uygulama. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 7(1): 284-301.

Hou, L. ve Wen, Z. 2007. Axiomatic design of an integrated automatic welding system for the handle of motorcycle. 2007 IEEE International Conference on Control and Automation, 30 Mayıs-1 Haziran, 1245-1249.

Houshmand, M. ve Jamshidnezhad, B. 2002. Conceptual design of lean production systems through an axiomatic design. *Proceedings of ICAD 2002*, Second International Conference on Axiomatic Design, Cambridge, MA (ICAD 033), 1-12.

Hwang, Y. D., Cha, S. W. ve Kang, Y. J. 2002. Tool development for evaluation of quantitative independency between frs in axiomatic design. *International Journal of the Korean Society of Precision Engineering*, 3(2): 52-60.

Kabadurmuş, Ö. ve Durmuşoğlu, M. B. 2005. Aksiyomlarla tasarım ilkelerini kullanarak çekme/kanban üretim kontrol sistemlerinin tasarımı. *V. Ulusal Üretim Araştırmaları Sempozyumu*, Ticaret Üniversitesi, İstanbul. 313-317.

Kanbur, F. ve Birgün, S. 2008. Yeni kariyere geçiş danışmanlığı için kavramsal bir model: Fatra. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 7(13): 117-137.

Karsak, E.E., Sozer, S., Alptekin, S.E. 2002. Product planning in quality function deployment using a combined analytical network process and goal programming approach. *Computers & Industrial Engineering*, 44(1): 171-190.

Kim, Y. 2004. A Decomposition Based Approach To Integrate Product Design and Manufacturing System Design. *Proceeding of Third International Conference on Axiomatic Design*, 21-24 Haziran 2004.

Kulak, O., Çebi, S. ve Kahraman, C. 2010. Applications of axiomatic design principles: A literature review. *Expert Systems with Applications*, 37(9): 6705-6717.

Lee, K. D., Suh, N. P. ve Oh J. H. 2001. Axiomatic design of machine control system. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 50(1): 109-114.

Li, J. W., Chen, X. B. ve Zhang, W. J. 2011. Axiomatic-design-theory-based approach to modeling linear high order system dynamics. *IEEE /ASME Transactions on Mechatronics*, 16(2): 341-350.

Mazur, G.H., 1993. QFD for service industries from voice of customer to task deployment. The Fifth Symposium on Quality Function Deployment, 20-22 Haziran 1993, Novi, Michigan.

Murat, Y. Ş., Kulak, O. 2005. Ulaşım ağlarında bilgi aksiyomu kullanılarak güzergah (rota) seçimi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11(3): (425-435).

Olçay, E. 2007. TS EN ISO IEC 17025 standardının kalite fonksiyonu yayılımı ve çok ölçütlü karar verme teknikleri ile analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara.

Öter, Z., Tütüncü, Ö. 2001. Turizm işletmelerinde kalite fonksiyon göçerimi: Seyahat acentelerine yönelik varsayımsal bir yaklaşım. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(3): 95-117.

Özel, B., Özyörük, B. 2007. Bulanık aksiyomatik tasarım ile tedarikçi firma seçimi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(3): (415-423).

Partovi, F.Y., Corredoira, R.A. 2002. Quality function deployment for the good of soccer. *European Journal of Operational Research*, 137(3): 642-656.

Revelle, J.B.; Moran, J.W. ve Cox, C.A. 1998. The QFD Handbook. John Wiley and Sons, New York, NY.

Satoğlu, Ş. I. ve Duşmuşoğlu, M. B. 2009. Düzensiz talep koşullarında melez üretim sistemlerinin aksiyomlarla tasarımı. *itüdergisi/d*, 8(4): 173-183.

Savaş, H., Ay, M. 2005. Üniversite kütüphanesi tasarımında kalite fonksiyon göçerimi uygulaması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(3): 80-98.

Seyhan, H. 2005. Kalite fonksiyon yayılımının incelenmesi ve bir uygulama. *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Sohn, S.Y. 1999. Quality function deployment applied to local traffic accident reduction, *Accident Analysis & Prevention*, 31(6): 751-761.

Suh, N. P. 1997. Design of systems. *Annals of the CIRP*, 46(1): 75–80 (1997)

Suh, N. P. 1998. Axiomatic design theory for systems. *Research in Engineering Design*, (1998)100: 189–209 (1998).

Suh, N.P. 2001. Axiomatic design: advances and applications. *Oxford University Press*, New York, USA.

Suh, N.P. 2007. Ergonomics, axiomatic design and complexity theory. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 8(2): 101-121.

Suh, N. P., Cochran, D. S. ve Paulo, C. L. 1998. Manufacturing system design. *Annals of the CIRP*, 47(2): 627–639.

Taptık, Y., Keles, Ö. 1998. Kalite savaş araçları, *Kalder Yayınları*, İstanbul, 110-115.

Turhan, Z. D., Vayvay, Ö. ve Birgün, S. 2011. Supply chain reengineering in a paint company using axiomatic design. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 57(5-8): 421-435.

Urbanic R. J. ve Maraghy, W.H. 2009. Using axiomatic design with the design recovery framework to provide a platform for subsequent design modifications. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 1: 165–171.

Werneman, A., Kjellberg, A. ve Adman, M. 2000. Application of axiomatic design in operational development. *Proceedings of ICAD 2000*, First International Conference on Axiomatic Design, Cambridge, MA (ICAD 020) 1-8.

Yang, K., El-Haik, B. 2003. Design for six sigma: a roadmap for product development. The McGraw-Hill Companies, United States of America, 624 pp.

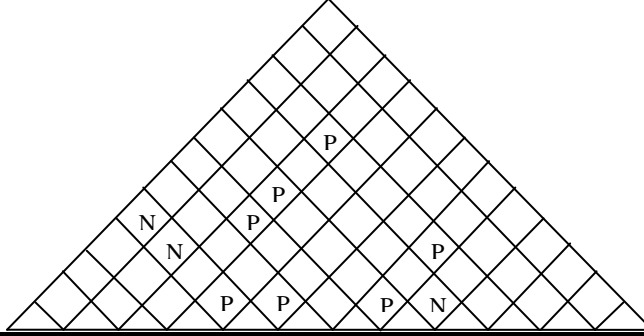
Yaşar, E. A., Durmuşoğlu, M. B. ve Dinçmen, M. 2005. Design of a knowledge management system based on axiomatic design principles. *35. International Conference on Computers and Industrial Engineering*, 2115-2130.

Yavuz, M. 2010. Makina ekipman seçimine aksiyomatik tasarım yaklaşımı. *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul.

Yılmaz, E. 2006. Aksiyomlarla tasarım ilkeleri yardımıyla kentiçi toplu taşıma sistemlerinin tasarımı. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11(1): (9-26).

EKLER

EK-1: Hazır salça üretimi için kalite evi



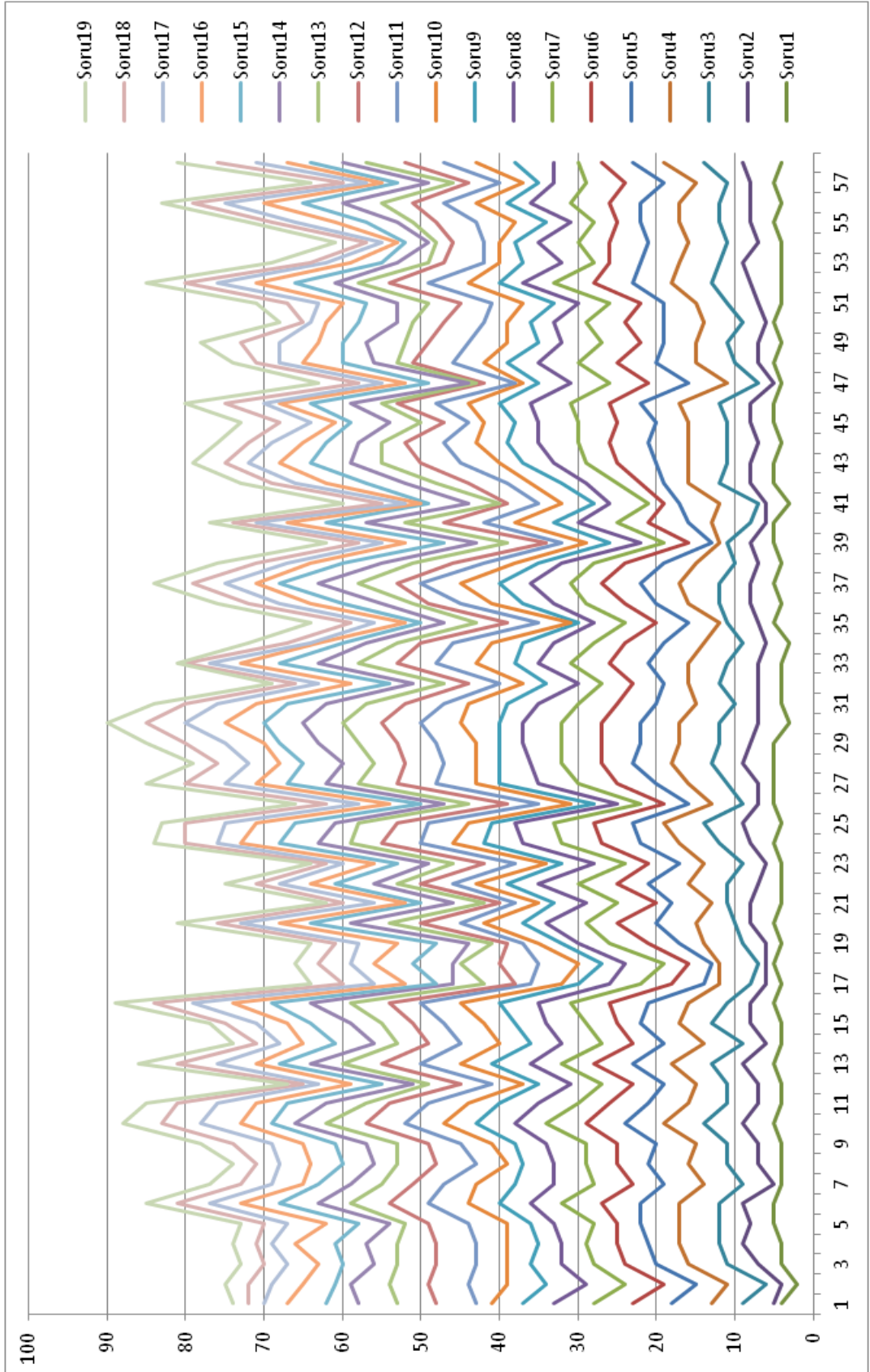
Müşteri İstekleri	Müşteri Önem Derecesi	Vakumlama	Kolay açılır kapak sistemi	Üretim hattının temizliği	Görülebilir ambalaj	Ambalaj malzemesinin kalitesi	Tuzlu üretim	Ön ısıtma sıcaklığı	Elek delik çapı	Ayıklama yıkama	Evaporatör sıcaklığı	Sogutma	Depolama sıcaklığı	Firma Bugün	Rakip A	Rakip B	Firma Hedef	İlerleme Oranı	Satış Noktası	Önem Puanı	Yüzde Oranı
	Kapağın Kolay Açılması	8	Θ	Θ											4	3	3	4	1	1	8
Sağlıklı Olası	10			Θ		Θ	Θ			Θ				5	4	5	5	1	1,5	1,5	13
Ürünün Görünür Olması	7				Θ	Θ								4	5	4	4	1	1	7	6
Dayanıklılık	8	Θ		Θ						Δ			Θ	3	4	5	5	1,7	1,2	16,32	14
Temiz Üretim	10		Θ	Θ	Θ				Θ	Θ				5	5	4	5	1	1,2	12	11
Küflenme	8			Θ			Δ			Θ				1	1	2	3	3	1	24	21
Salça Kıvamı	7							Θ	Θ					4	3	3	4	1	1	7	6
Renk	7				Θ	Θ		Θ		Θ	Θ	Θ	Θ	3	5	4	4	1,3	1	9,1	8
Tat ve Koku	10					Θ	Θ	Θ		Θ	Θ	Θ	Θ	3	4	4	4	1,3	1,2	15,6	14
Teknik Önem Derecesi	Σ3110	189	96	405	177	237	264	252	153	617	198	198	324							114,02	100
Normalize Teknik Önem Derecesi	100	6,1	3,1	13	5,7	7,6	8,4	8,1	5	19,9	6,3	6,3	10,5								
Ölçüm Birimi		Mm/hg	Kuvvet	Kalori/g	Gözle kontrol	Gr/m ²	Gr	C	Mm	Gözle kontrol	C	C	C								
Firma Bugün		300	30	10	100	15	2,3	80	0,5	70	87	50	30								
Rakip A		30	40	5	10	15	2,5	70	0,5	80	85	55	30								
Rakip B		50	35	10	10	13	2,1	75	0,5	85	87	55	30								
Firma Hedef		29	40	15	10	15	2	75	0,5	90	85	45	25								

EK-2: Anket çalışması

ŞEHİRLER ARASI OTOBÜS İLE SEYAHAT EDEN YOLCULARIN YOLCU KOLTUĞUNDAN BEKLENTİLERİNİN ARAŞTIRILMASI YÜZYÜZE ANKET FORMU							
<p>Bu araştırmanın amacı sizlerin bir yolcu koltuğundan beklentilerinizi değerlendirmektir.</p> <p>Bu anket sonucunda elde edilen veriler Uludağ Üniversitesi'nde yüksek lisans eğitim programı kapsamında yürütülen bitirme tezi projesinde kullanılacaktır.</p> <p>Ankette bulunan sorular kişisel bilgi içermeyip sadece deneyimlerinize dayanan görüşlerinize başvurulmak istenmektedir. Yaşamış olduğunuz şehirler arası otobüs yolculuklarından yola çıkarak aşağıdaki soruları cevaplamanızı rica ediyorum.</p> <p>Anket ortalama 10 dakika sürmektedir. Araştırmaya katıldığınız için teşekkür ederim.</p> <p>Şaziye Tunalı Uludağ Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans Programı saziyetunali@gmail.com</p>							
SORULAR							
<p>Aşağıdaki soruların yanıtları 5 derecede sınıflandırılmıştır:</p> <p>A: Kesinlikle önemsiz D: Önemli B: Önemsiz E: Kesinlikle önemli C: Farketmez</p> <p>Uygun bulduğunuz yanıtı kutucu işaretleyiniz.</p>							
Sıra	Soru	Açıklama	A	B	C	D	E
1.	Döşemenin yumuşak olması	(Koltuk vücudun şeklini alacak şekilde döşemenin üst malzemesinin çok yumuşak yapıda olması.)					
2.	Gazeteliğin kumaş ya da deri olması	(File olmaması)					
3.	Gazeteliğin cepli olması	(Şişe, gazete, yiyecek koymak için ayrı ceplerinin bulunması.)					
4.	Koltuğun yatırılabilmesi						
5.	Ayak dayamanının bulunması	(Ayakların konulup kaldırılabilceği bir yerin bulunması.)					
6.	Hareketli başlık	(Omuzların koltuğa oturması için kişinin boyuna göre koltuk başlığı yüksekliğinin ayarlanabilmesi.)					
7.	Yastık özellikli başlık	(Uzun yol esnasında başlığın yastık görevi göreceği şekilde açılıp					

		kapanabilmesi.)					
8.	Vücutun oturaktan kaymaması	(Koltuk yatırıldığında vücudun kaymasının önlenmesi)					
9.	Baldır desteği	(Oturakta ayarlanabilen baldır koyma yeri)					
10.	Koridor koltuklarının yana açılması	(Yandaki koltuktan uzaklaşması.)					
11.	Ön koltuktan bağımsız tablet	(Ön koltuk yatırıldığında tabletin yere paralel olması ve üzerine içecek konulabilmesi.)					
12.	TV monitörün bulunması						
13.	Okuma lambasının bulunması						
14.	Orta kolçak bulunması	(İki koltuğun arasında kolçak bulunması.)					
15.	Daha geniş koltuk	(Koltuğun standart koltuk genişliğinden daha geniş yapıda olması.)					
16.	Priz bulunması						
17.	Koltukta bardak koyma yeri						
18.	Tutamak	(Ön koltukta tutamak bulunması.)					
19.	Çanta askısı	(Çanta asmak için kanca bulunması.)					

EK-3: Anket cevaplarının dağılım grafiği-1



EK-4: Proses FMEA uygulaması

POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS POTANSİYEL HATA TÜRÜ VE ETKİLERİ ANALİZİ (DESIGN FMEA) - (TASARIM FMEA)																							
System (Sistem)		A Kolobtu		Design Responsibility (Tasarım Sorumlusu)				FMEA Number (FMEA Numarası)		TFMEA-1													
Subsystem (Alt sistem)		Keset		Key Date (Kilit Tarih)				Page (Sayfa)		3													
Component (Parça)		Arkalk		KW25-2011				Prepared By (Hazırlayan)															
Date (Tarih)		2010						FMEA Date (FMEA Tarihi)															
Core team (Ekip)		Planlama, Üretim, Kalite, Argo, Satın Alma Bölümleri																					
Item (Detay Parça)	Requirement (Şart)	Potential Failure Mode (Potansiyel Hata Türü)	Potential Effect(s) of Failure (Hatanın Potansiyel Etkileri)	Severity (Sıkaklı)	Classification (Sınıf)	Potential Cause(s) of Failure (Hatanın Potansiyel Nedenleri)	Current Design (Mevcut Tasarım)				Recommended Action (Önerilen Faaliyet)	Responsibility & Target Completion Date (Sorumlu ve Hedef Tamamlama Tarihi)	Actions Taken (Faaliyet Sonuçları)										
							Controls Prevention (Kontrolör Önleme)	Occurrence (Oluşma)	Detection (Keşif)	RPN (RPN)			Completion Date (Gerçekleşen Faaliyetler Tam. Tarihi)	Severity (Sıkaklı)	Occurrence (Oluşma)	Detection (Keşif)	RPN (RPN)						
Kafalık montajı	Kafalık Yan saclarının uygun şekilde takılması	Kafalık Yan saclarının uygun şekilde takılmaması	Kafalık yan kulaklıklar gevşek kalır. Pozisyonlanmaz. Konfor kaybı yaşanır.	6	Plastik stoperlerin takılmaması	3	%100 fonksiyonel kontrol	5	90	Yok													
				6	Pulbun erik takılması	3	%100 fonksiyonel kontrol	5	90	Yok													
				6	Somunun tam sıkılmaması	3	%100 fonksiyonel kontrol	5	90	Yok													
				6	Yanlış somun takılması	3	%100 fonksiyonel kontrol	5	90	Yok													
				6	Metal ve plastik pul sıralamasının yanlış yapılması	3	Dayanım testi yapımı	5	90	Yok													
				5	Süngerin kafalığa tam oturulmadan yapıştırılması	2	%100 kontrol	7	70	Yok													
	Kafalık görünümünün uygun olması	Kafalık görünümünün uygun olmaması	Kafalık ölçüme/ölçerinde hasarlanma. Görülüyor uygunsuzluk	5	Plastik ölçüme/ölçerinde hasarlanma. Görülüyor uygunsuzluk	4	%100 kontrol	7	140	Yok													
				5	Plastik tam yapıştırılmaması	3	%100 kontrol	7	105	Yok													
				6	Yayların ters takılması	4	%100 fonksiyonel kontrol	5	120	Yok													
				6	Yayların gevşek sıkılması	3	%100 fonksiyonel kontrol	5	90	Yok													
				6	Kafalık milinin tam yağlanması	3	%100 fonksiyonel kontrol	7	126	Yok													
				5	Metal tapyo tasarımının yanlış yapılması	6	Fonksiyonel deneme	5	150	Mekanizma tasarımının güvden geçirmesi	ARGE KW23	Metal tapyonun tasarımını değiştirdi	5	3	5	75							
Montörün ayar mekanizmasının yeterli kadar açılması	Montörün ayarlanabilir pozisyonunda sabit kalması	Montörde pozisyon kaybı	Metal tapyonun hareketli bağlanmaların tasarımının yanlış yapılması	4	Fonksiyonel deneme	6	144	Yayı rondelalar ile baskının ölçümemesinin sağlanması.	ARGE 10.2010	Yayı rondela ve plastik pul ile uygun yataklama sağlandı	4	3	6	72									
				6	Fonksiyonel deneme	5	90	Sürtünmeye maruz kalan yerlerde plastik pul kullanılması	ARGE 10.2010	Yayı rondela ve plastik pul ile uygun yataklama sağlandı	3	3	5	45									
Montörün sesiz şekilde ayarlanması	Montörün sesiz şekilde ayarlanmaması	Konfor kaybı	Metal tapyonun hareketli bağlanmaların tasarımının yanlış yapılması	4	Fonksiyonel deneme	6	144	Hareketli parçanın alt kısmına gelecek şekilde yapışkan PU bant uygulanması	ARGE 10.2010	Hareketli parçanın alt kısmına gelecek şekilde yapışkan PU bant uygulaması yapıldı	4	3	6	72									
				4	Fonksiyonel deneme	6	144	Araçın doğal titreşiminde oluşan rezonansın etkisiyle metalin metale çarpması	ARGE 10.2010	Araçın doğal titreşiminde oluşan rezonansın etkisiyle metalin metale çarpması	4	3	6	72									
Montörün araç içerisinde görüntüsü çalınması	Araç çalışırken titreşim yapmadan pozisyonunu koruması	Araç çalışırken titreşim yapmadan pozisyonunu koruması	Sesli çalınması nedeniyle konfor kaybı	4	Fonksiyonel deneme	6	144	Araç çalışırken titreşim yapmadan pozisyonunu koruması	ARGE 10.2010	Araç çalışırken titreşim yapmadan pozisyonunu koruması	4	3	6	72									
				4	Fonksiyonel deneme	4	80	Yolculuk sırasında arkaalk süngerinin konfor sağlanması		Yolculuk sırasında arkaalk süngerinin konfor sağlanması													
				4	Fonksiyonel deneme	4	80	Sünger içerisindeki metal biletleme yolculuk sırasında rahatsızlık vermemesi		Sünger içerisindeki metal biletleme yolculuk sırasında rahatsızlık vermemesi													
Arkalk süngerinin yolculuk sırasında yolcusunun sırtına rahatsız etmeyecek şekilde ergonomik bir form oluşturulması	Yolculuk sırasında arkaalk süngerinin konfor sağlanması	Konfor kaybı	Arkaalk süngerinin tasarımının yanlış yapılması	4	Fonksiyonel deneme	4	80	Bel kısmındaki sünger kesiminin ölçüme ile birlikte değerlendirilerek süngerin formunda değişiklik yapılması	ARGE 10.2010	Bel kısmındaki sünger kesiminin ölçüme ile birlikte değerlendirilerek süngerin formunda değişiklik yapılması	5	4	4	80									
				4	Fonksiyonel deneme	4	80	Yolculuk sırasında arkaalk süngerinin konfor sağlanması		Yolculuk sırasında arkaalk süngerinin konfor sağlanması													
				4	Fonksiyonel deneme	6	180	Arkaalk süngerinin bel bölgesinde sırtın rahatlığı sağlanması		Arkaalk süngerinin bel bölgesinde sırtın rahatlığı sağlanması													
Tablet kolu sol-sağ servis fonksiyonu	Tablet üzerindeki ikram stabli şekilde taşıma	Müşteri memnuniyetsizliği	Tablet kollarının kalınlığının yeterli olmaması	4	Fonksiyonel deneme	8	128	Kol gövde sac kalınlığının artırılması	ARGE KW05-2011	Kol gövde sac kalınlığının artırılması	4	4	4	64									
				4	Fonksiyonel deneme	4	112	Plastik yataklama burcu sebebi ile ayırma esnetilebilir	Planlama KW05-2011	Plastik yataklama değiştirilerek daha stabli hale getirildi	4	5	4	80									
				4	Fonksiyonel deneme	4	64	Yükleme anında deforme olması		Yükleme anında deforme olması													
				4	Fonksiyonel deneme	4	144	Tablet plastiğinin deforme olmaması		Tablet plastiğinin federlerinin artırılması ve ekstra dayama pim ilavesinin yapılması	ARGE KW13-2011	Tablet plastiğinin federlerinin artırılması ve ekstra dayama pim ilavesinin yapılması	4	3	4	48							
				4	Fonksiyonel deneme	4	128	Fim çalınma yolunun doğru olmaması		Tablet kolu üzerindeki kaza karanım paralel sağlanacak şekilde revize edilmesi	ARGE KW14-2011	Tablet kolu üzerindeki kaza karanım paralel sağlanacak şekilde revize edildi	4	4	4	64							
				4	Fonksiyonel deneme	4	60	Yükleme anında tabletin fazla eğilmesi		Yükleme anında tabletin fazla eğilmesi													
Tablet uçak tipi derinlik ayarlı servis fonksiyonu	Tablet üzerindeki ikram stabli şekilde taşıma ve arttırılmış kullanım alanı	Müşteri memnuniyetsizliği	Yükleme anında tabletin fazla eğilmesi	3	Fonksiyonel deneme	5	120	Tablet arka kısmında separatör hat olmaması	ARGE KW05-2011	Tablet arka kısmında separatör hat oluşturulması	3	4	5	60									
				3	Fonksiyonel deneme	3	90	Tablet arka kısmında separatör hat olmaması		Tablet arka kısmında separatör hat oluşturulması													
Kullanım anında açılma, kapanma sonrası	Tablet üzerindeki ikram stabli şekilde taşıma	Müşteri memnuniyetsizliği	Tablet kolu yataklamasının tasarımının yanlış yapılması	4	Fonksiyonel deneme	4	80	Yükleme anında tabletin fazla eğilmesi		Yükleme anında tabletin fazla eğilmesi													
				4	Fonksiyonel deneme	5	100	Tablet kolu kapağının tasarımının yanlış yapılması		Tablet kolu kapağının tasarımının yanlış yapılması													
Plastik parçaların regülasyonlar doğrultusunda yanma/çizilme	Parçaların direkt 95/28 doğrultusunda yanma/çizilme olması	Yanma tehlikesi olması	Kaza anında yolcu hayatı tehlikeye girebilir	10	D	Hatalı malzeme seçimi	Yanmazlık Raporları	4	160	Plastik tabletin ilgili yansarıcıdan yanmazlık raporlarının alınması	Satın alma KW42-2010	İlgili yansarıcıdan yanmazlık belgeleri alındı	10	2	4	80							
				10	D	Sünger malzemesinin yanlış seçilmesi	95/28 Yanmazlık testi	2	200	Arkaalk süngerinin yanmazlık testi Akredite laboratuardan sağlanması	Satın alma KW40-2010	Yanmazlık raporları temin edilmiştir	10	2	4	80							

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Şaziye Korkmaz

Doğum Yeri ve Tarihi : Karamürsel, 30.05.1986

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Şehit Osman Altinkuyu Anadolu Lisesi, 2000-2004

Lisans : Uludağ Üniversitesi (Tekstil Mühendisliği), 2004-2008

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl :

Karteks Dokuma San. ve Tic., 2008-2011

FKT Koltuk Sistemleri A.Ş., 2011-2013

Aunde Teknik A.Ş.

İletişim (e-posta) : saziyetunali@gmail.com

Yayımları :

Tunalı, Ş., 2008. İpek malzemeye uygulanan terbiye işlemleri. *Lisans Tezi* Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa.