

**BULANIK MANTIK YARDIMIYLA MÜŞTERİ İSTEMLİ ÜRÜN
GELİŞTİRME**

Cihan MIZRAK

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

KARABÜK

Haziran 2009

Cihan MIZRAK tarafından hazırlanan “BULANIK MANTIK YARDIMIYLA MÜŞTERİ İSTEMLİ ÜRÜN GELİŞTİRME” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Cevdet GÖLOĞLU

Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında. Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 26 / 06 / 2009

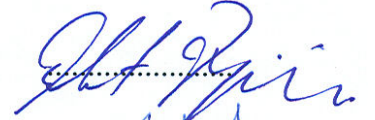
Unvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan: Prof. Dr. Kerim ÇETİNKAYA (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Cevdet GÖLOĞLU (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. İbrahim ÇAYIROĞLU (KBÜ)



24./07/2009

Bu tez ile KBÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylanmıştır

Doç. Dr. Süleyman GÜNDÜZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Y.



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Cihan MIZRAK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BULANIK MANTIK YARDIMIYLA MÜŞTERİ İSTEMLİ ÜRÜN GELİŞTİRME

Cihan MIZRAK

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Cevdet GÖLOĞLU

Haziran 2009, 87 sayfa

Rekabetçi piyasa koşullarında firmaların konumlarını koruyabilmelerinde etkin olan önlemlerden birisi de müşteri ihtiyaçlarını iyi belirleyip ürün geliştirilmesi ve bu doğrultuda müşteri memnuniyetinin kazanılmasıdır. Bu tezde Bulanık Mantık (BM) yardımıyla ürünün henüz üretilmeden, müşterinin kendisine uygun ürün geliştirme sürecine dahil olması hedeflenmektedir. Bu amaçla müşteri memnuniyetini yükseltmeyi hedefleyen **Bulanık Mantık Müşteri İstemli Ürün Tasarım (BuMaMİT)** çerçeve çalışması arayüzü geliştirilmiştir.

Müşterinin ürün seçiminde göz önünde bulundurduğu ölçütler ilgili tasarım parametreleri olarak BuMaMİT'in BM ayarlarına bir uzman tarafından dahil edilmiştir. Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) yazılımında tasarlanmış olan ürünlerin tasarım parametreleri ve belirlenen ilgili ölçütler API fonksiyonları kullanılarak tümleşik hale getirilmiştir. BuMaMİT arayüzü ile elde edilen istekler BM usulama

yardımıyla değerlendirerek tekrar ürün üzerine etki ettirilmiş, müşterinin arzusunu şekillenmesine olanak tanınmıştır. Geliştirilen çerçeve çalışmasının etkinliği üç adet örnek çalışma üzerinde gösterilmiştir. Müşterinin daha tasarım sürecinde ürüne müdahale edebilmesi ve memnuniyetinin yükseltilmesi olanağı sağlanmıştır. Önerilen çerçeve çalışması, firmaların ürün geliştirme uygulamalarında ve görsellik desteği ile pazarlama reyonlarında kullanılabilir.

Anahtar Sözcükler : Tasarım parametreleri, müşteri odaklı tasarım, Bulanık Mantık

Bilim Kodu : 626.08.01

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

CUSTOMER TAILORED PRODUCT DEVELOPMENT VIA FUZZY LOGIC

Cihan MIZRAK

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Mechanical Education

Thesis Advisor:

Asst. Prof. Cevdet GÖLOĞLU

June 2009, 87 pages

One of the effective measures to secure the status of the firms in competitive market circumstances is the product development based on well defined customer requirements and to attain customer satisfaction accordingly. In this thesis, customer inclusion to product development process is aimed via Fuzzy Logic (FL) before the product produced. For this purpose, a framework user interface called BuMaMIT (Customer Tailored Product Design via Fuzzy Logic), which aims to increase customer satisfaction is developed.

The measures taken into account in product selection by customer, which are considered as design parameters, are incorporated into FL settings of BuMaMIT by an expert. Design parameters of the product designed by Computer Aided Design (CAD) software and the determined measures are integrated through API functions. The requests obtained by BuMaMIT user interface are put into FL reasoning process and the results are affected to the product, so that it enables to form customer's

requests. The effectiveness of the developed framework is tested on three sample case studies. The opportunities of having an effect to product on design process by customer and increasing customer satisfaction are realized. The proposed framework can be used in the applications of firms' product development studies and in marketing sections with the proposed visualization support.

Anahtar Sözcükler : Design parameters, customer tailored design, Fuzzy Logic

Bilim Kodu : 626.08.01

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarımnda bana destek veren danıőmanım Sayın Yrd. Doç. Dr Cevdet GÖLOĞLU' a, çeşitli vesilelerle katkıda bulunan Arő. Gör. Mustafa AYYILDIZ'a ve mesai arkadaşlarıma saygı ve teőekkürlerimi sunarım.

Bu günlere gelmemde maddi manevi desteklerini benden esirgemeyen aileme de çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	İİ
ÖZET	İV
ABSTRACT.....	Vİ
TEŞEKKÜR.....	Vİİİ
İÇİNDEKİLER	İX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	Xİ
ÇİZELGELER DİZİNİ	Xİİİ
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XİV
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
BÖLÜM 3	7
BULANIK MANTIK.....	7
3.1. BULANIKLIK KAVRAMI	7
3.1.1. Bulanıklık ve Olasılık	8
3.2. BULANIK KÜMELER.....	9
3.2.1. Dilsel Değişkenler.....	12
3.2.2. Üyelik Fonksiyonları.....	13
BÖLÜM 4	15
GELİŞTİRİLEN SİSTEM.....	15
4.1. BDT YAZILIMINDA TASARIM TABLOSU	17
4.2. BUMAMİT ARAYÜZÜ	19
4.2.1. Uzman Girişi	21
4.2.1.1. Otomatik Girişi	21
4.2.1.2. Manuel Giriş Bölümü.....	24

	<u>Sayfa</u>
4.2.2. BDT Programının Geliştirilen Arayüz ile Kontrolü.....	27
4.2.3. Tasarım Tablosunun Geliştirilen Arayüz ile Kontrolü.....	30
4.2.4. Mühendislik Yazılımının Geliştirilen Arayüz ile Kontrolü	31
BÖLÜM 5	33
ÖRNEK UYGULAMALAR.....	33
5.1. MÜŞTERİ İSTEKLİ BİSİKLET KADRO TASARIM UYGULAMASI	34
5.1.1. Anahat	34
5.1.2. Kadronun Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi.....	36
5.1.3. Kadronun BuMaMİT Program Arayüzünde Gerekli Ayarlarının Yapılması	39
5.2. EMNİYET FAKTÖRÜNÜ BULANIK MANTIK VE TAGUCHİ YAKLAŞIMLARIYLA BELİRLEME.....	50
5.2.1. Anahat	50
5.2.2. Gövde Modeli Oluşturma.....	51
5.2.3. Taguchi Yaklaşımı Uygulaması.....	53
5.2.4. BuMaMİT Program Arayüzünde Gerekli Ayarların Yapılması	55
5.3. MÜŞTERİ İSTEKLİ MONTAJ UYGULAMASI.....	64
5.3.1. Tükenmez Kalem Bileşenleri.....	65
5.3.2. Modüler Yapılar	67
5.3.3. BuMaMİT Program Arayüzü Ayarları.....	68
BÖLÜM 6	76
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	76
KAYNAKLAR	78
EK AÇIKLAMALAR.....	81
ÖZGEÇMİŞ	87

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.2.2. Yamuk tip üyelik fonksiyon gösterimi	11
Şekil 3.2.1.1. Kuvvetler için bulanık mantık kümesi.....	13
Şekil 4.1. Sistemin akış diyagramı.....	16
Şekil 4.1.1. SolidWorks tasarım tablosu	17
Şekil 4.1.2. Parametre değerleri değiştirilerek oluşturulmuş tasarım	18
Şekil 4.1.3. Configuration Manager bölümü ve tasarım alternatifleri	18
Şekil 4.2.1. BuMaMİT program arayüzü	20
Şekil 4.2.2. BuMaMİT menü çubuğu	20
Şekil 4.2.3. BuMaMİT menü yapıları	21
Şekil 4.2.1.1.1. Otomatik Giriş bölümü	22
Şekil 4.2.1.1.2. Eşit dağıtılmayan değer aralıklarının girişlerinin yapıldığı bölüm... 23	
Şekil 4.2.1.1.3. Otomatik kural oluşturma penceresi	24
Şekil 4.2.1.2.1. Manuel Giriş penceresi	25
Şekil 4.2.1.2.3. Çıkış değişkenlerine giriş değişkeni atama penceresi.....	26
Şekil 4.2.1.2.4. Kural giriş penceresi	26
Şekil 4.2.2.1. SolidWorks programının Visual Basic ile kontrol edilebilmesi için gerekli *.DLL dosyaları.....	28
Şekil 4.2.2.2. Object Browser penceresi	29
Şekil 4.2.2.3. SolidWorks yazılımına erişim kodları	30
Şekil 4.2.3.1. SolidWorks tasarım tablosuna erişim kodları	31
Şekil 4.2.4.1. Matlab kitaplığının eklenmesi.....	31
Şekil 4.2.4.2. Object Browser mühendislik yazılımı kitaplığı.....	32
Şekil 5.1.1.1. Oluşturulan sistemin yapısı (Göloğlu ve Mızrak, 2008).....	35
Şekil 5.1.1.2. Bisikletin ana parçaları	35
Şekil 5.1.2.1. Kadronun parametreleri	36
Şekil 5.1.2.3. BDT programında tasarlanan bisiklet modeli	38
Şekil 5.1.3.1. Tasarım dosyasının BuMaMİT program arayüzü vasıtasıyla açılması 43	
Şekil 5.1.3.2. BuMaMİT arayüzü Otomatik Giriş penceresi	44

Sayfa

Şekil 5.1.3.3. Otomatik Kural Giriş penceresi	45
Şekil 5.1.3.4. Müşteri Giriş penceresi	48
Şekil 5.1.3.5. Yeni parametre değerlerinin tasarıma eklenmesi.....	49
Şekil 5.1.3.6. Mevcut tasarımla müşteri isteği doğrultusunda oluşturulmuş tasarımın farkı.....	49
Şekil 5.2.2.1. Gövde koordinatları (Göloğlu ve Mızrak, 2008b).....	51
Şekil 5.2.2.2. ANSYS bisiklet gövde modeli, element tipi ve üzerine etki eden kuvvetler (Göloğlu ve Mızrak, 2008b).....	52
Şekil 5.2.4.1. Çıkış değişkeni belirleme penceresi.....	56
Şekil 5.2.4.2. Manuel Giriş penceresi	57
Şekil 5.2.4.3. Çıkış değişkenine giriş değişkeni atama penceresi.....	58
Şekil 5.2.4.4. Kural giriş penceresi	58
Şekil 5.2.4.5. Müşteri Giriş penceresi	60
Şekil 5.2.4.6. Müşterinin belirlediği giriş değişkenlerine göre hesaplanan gerilme değeri (Göloğlu ve Mızrak, 2008b).....	61
Şekil 5.2.4.7. ANSYS örnek deney sonucu (Göloğlu ve Mızrak, 2008b)	62
Şekil 5.2.4.8. ANSYS ve üyelik fonksiyon tiplerinin karşılaştırılması (Göloğlu ve Mızrak, 2008b)	63
Şekil 5.3.1. En çok kullanılan tükenmez kalem tipleri (Göloğlu ve Mızrak, 2008) ..	66
Şekil 5.3.2. Tükenmez kalemin bölümleri (Göloğlu ve Mızrak, 2008)	66
Şekil 5.3.3. Tükenmez kalemin parçaları (Göloğlu ve Mızrak, 2008).....	67
Şekil 5.3.3.1. Çıkış değişkenleri giriş penceresi	70
Şekil 5.3.3.2. Manuel Giriş penceresi	71
Şekil 5.3.3.3. Çıkış değişkenlerine giriş değişkeni ataması	72
Şekil 5.3.3.4. Kural girişleri	72
Şekil 5.3.3.5. Müşteri Girişi penceresi	73
Şekil 5.3.3.6. İlgili BDT yazılımında tükenmez kalemin montajı	74

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 5.1.2.1 Kadro parametrelerinin açıklaması.....	36
Çizelge 5.1.2.2. Kadro geometrisi (Louis Garneau, 2007)	38
Çizelge 5.1.3.1. Giriş değişkenlerinin çıkış değişkenlerine etkisi	40
Çizelge 5.1.3.2. Çıkış değişkenlerinin alt ve üst sınır değerleri.....	45
Çizelge 5.1.3.3. Giriş değişken ataması	45
Çizelge 5.2.2.1. Gerilime etki eden etmenlerin alabileceği maksimum ve minimum değerler (Göloğlu ve Mızrak, 2008b)	53
Çizelge 5.2.3.1. Taguchi deney aralıkları (Göloğlu ve Mızrak, 2008b)	53
Çizelge 5.2.4.1. Giriş değişkenlerinin bulanık mantık sistemi için gerekli ayarları (Göloğlu ve Mızrak, 2008b)	56
Çizelge 5.2.4.2 Çıkış değişkeninin bulanık mantık sistemi için gerekli ayarları (Göloğlu ve Mızrak, 2008b)	56
Çizelge 5.2.4.3. Üyelik tipleri karşılaştırma tablosu (Göloğlu ve Mızrak, 2008b)....	62
Çizelge 5.3.1. Anket grupları ve sayısı (Göloğlu ve Mızrak, 2008)	65
Çizelge 5.3.2.1. Modüller ve alt parçaları (Göloğlu ve Mızrak, 2008).....	67
Çizelge 5.3.2.2. Modül yapıları (Göloğlu ve Mızrak, 2008).....	68
Çizelge 5.3.3.1. Giriş değişken ayarları (Göloğlu ve Mızrak, 2008).....	69
Çizelge 5.3.3.2. Çıkış değişken ayarları (Göloğlu ve Mızrak, 2008).....	70

SİMGELER VE KISALTMALAR

KISALTMALAR

BDT	: Bilgisayar Destekli Tasarım
BDA	: Bilgisayar Destekli Analiz
BM	: Bulanık Mantık
BuMaMIT	: Bulanık Mantık Müşteri İstemli Tasarım
API	: Application Programming Interface

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Ürün, insanların ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla pazara sunulan, ele geçirilebilen ve kullanılabilen bir nesne olarak kabul edilmektedir (Kotler, 1988). Ürün kavramı fiziki nesnelere, hizmetler, kişiler, yerler, örgütler ve düşünceler gibi pazara sunulabilecek her şeyi içermektedir. Bu bağlamda pazarlamaya konu olan ürünler çeşitlilik arz etmekte ve her bir ürünün pazarlama stratejileri farklılıklar göstermektedir. Ürünler sınıflara ayrılarak etkili strateji planlanması yapılabilmektedir. Ürünlerin sınıflandırılması ürünler arasında farklı özelliklere göre belirlenmektedir. Bu sınıflandırmalardan en yaygın kullanılanı satın alma veya kullanım amacına göre yapılan sınıflandırmadır. Bu sınıflandırmaya göre ürünler tüketim ürünleri ve endüstriyel ürünler olmak üzere iki ana başlık altında toplanmıştır.

Tüketim Ürünleri: Başka bir işlem gerektirmeden, kullanılabilir şekilde tüketiciye sunulan ve tüketicilerin kişisel ihtiyaçlarını karşılayan mallar olarak tanımlanmaktadır. Kendi içerisinde dört gruba ayrılır:

Kolayda Ürünler: Müşterilerin az çaba sarf ederek karşılaştırma yapmadan, sık sık ve hemen satın aldıkları mallardır sabun, gazete, kitap vb. (Tek, 1999).

Beğenmeli Ürünler: Bu ürünler tüketicilerin rakip firmaların mallarıyla karşılaştırma yaparak satın aldıkları ve almak için zaman harcadıkları ürünlerdir. Bu ürünleri iki bölüme ayırmak mümkündür :

Özellikli Ürünler: Özel istek ve ihtiyaçlarda bulunan belirli bir tüketici grubunun ısrarla aradıkları ve fiyatı yüksek olan tüketim ürünleridir (Mucuk, 2000).

Aranmayan Ürünler: Tüketicilerin satın alınabileceğini bilmediği yada satın almak istemediği ürünlerdir. Mezar taşı, hayat sigortası vb.

Endüstriyel Ürünler: Diğer ürünleri üretmek yada firmaların faaliyetlerini devam ettirmek amacıyla satın aldıkları ürünlerdir. Bunların fonksiyonel özellikleri çok önemlidir (Hatipoğlu, 1993). Endüstriyel ürünler, altı gruba ayrılmaktadır. Bu gruplar ürün odaklı olmaktan çok alıcı odaklıdır (Zikmund ve Amico, 1996).

Hammaddeler: Hammaddeler, doğal durumlarına çok yakın olan işlenmemiş ürünlerdir (Zikmund ve Amico, 1996). Başka bir ürünün üretiminde kullanılırlar.

Tesisler: Binalar, araziler ve büyük ekipmanlar gibi çok büyük sermaye kalemleridir. Karar verme aşaması uzun süren ve belirli bir zaman dilimi içinde çok sık alınmayan ürünlerdir (McCarthy ve Perrault, 1990). Büyük sermaye gerektiren ürünler olduğundan pazarlanmasında büyük çaba gerektirir. Kişisel satış büyük öneme sahiptir.

Aksesuarlar: Aksesuarlar işletmenin işleyişine katkısı olan ürünlerdir. Forklift, fotokopi makinesi gibi. Bitmiş ürünün içinde bulunmazlar (Zikmund ve Amico, 1996).

İşletme Malzemeleri: Bitmiş ürünlerin içinde yer almayan ancak üretimi kolaylaştıran ürünlerdir. Üç ayrı gruba ayrılabilir. Bunlar bakım, onarım ve işletme ekipmanları şeklindedir. Bakım ürünleri olarak boya, süpürge ve fırça sayılabilir. Onarım ürünleri arasında filtreler, vites kutuları yer alır. İşletme ekipmanları ise makine yağları, ataç ve daktilo vb. (McCarthy ve Perrault, 1990).

İşlenmiş Maddeler ve Parçalar: Bu ürünler işlem zincirinde hammaddelerin bir üst adımını oluştururlar. Bu ürünler ya montaja hazırdır ya da çok az işleme gerektirirler.

Son ürünün bir parçası olurlar. Elektrik motoru, elektrik rezistörü gibi vb. (Zikmund ve Amico, 1996).

Profesyonel Hizmetler: Bir firmanın işletmesini destekleyen özel hizmetlerdir. Mühendislik ve yönetim hizmetleri gibi. Yöneticiler bu hizmetleri kendi içlerinde yaptırmak yada dışarıdan bir firmaya yaptırmak arasında karşılaştırma yaparak karar verirler. Özel yetenek gerektiren durumlarda dışarıdan bir kaynak kullanmak en iyi çözüm olabilir (McCarthy ve Perrault, 1990).

Müşteriler ihtiyaçları doğrultusunda yukarıda belirtilen grupların içerisinde kendilerine en uygun ürünü seçmektedirler. Firmalar ürünü müşteri beğenisine sunarken mümkün olduğunca ürün çeşidini fazla tutarak müşteri memnuniyetini sağlamaya gayret göstermektedirler. (Schlesinger ve Heskitt, 1991), iyi hizmet çevrimi adını verdikleri yaklaşım ile müşteri memnuniyetinin müşterinin satın alma davranışları üzerindeki etkilerinin yanı sıra çalışanların memnuniyet düzeyini de doğrudan etkilediğini savunmaktadırlar. Buna göre memnuniyet düzeyi yüksek müşteriler işletmeye daha yüksek kar payları bırakmaktadır. Bu durum çalışanlara daha yüksek ücret kazanma imkanı tanımaktadır. Ayrıca bu durum çalışanların motivasyonun ve buna bağlı olarak sunulan ürün yada hizmet kalitesinin iyileşmesine yol açmaktadır. Bunun sonucunda müşteri memnuniyetinin daha da yükselmesi döngünün işletmeyi rekabet gücünü arttıracak şekilde çalışmasını sağlamaktadır (İlhan, 2006). Ne var ki şirketler müşteri memnuniyetini ürün çeşidini fazla tutarak, ürün üretildikten sonra elde etmeye çalışmaktadırlar. Ürüne tasarım sürecinde müşteri tarafından müdahale edebilmek müşteri memnuniyeti açısından ciddi bir önem arz etmektedir.

Yapılan tezde müşteri istemli ürün geliştirme üzerinde, mevcut çalışmalara ilaveten geliştirilen program arayüzü vasıtasıyla, müşterinin ürüne daha tasarım sürecinde Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) ortamında müdahale edebilmesi hedeflenmiştir. İlgili arayüz ile müşteri isteklerinin hassas bir şekilde elde edilmesi gerçekleştirilmiştir. Müşterinin kendisine göre belirlediği istekleri, ilgili program arayüzü vasıtasıyla gelişmiş BDT programında güncelleyerek, eş zamanlı BDT ortamındaki tasarlanmış ürüne müdahale edebilmesi gerçekleştirilmiştir.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Rekabetçi piyasada güçlü ve dinamik bir şekilde kendisine yer arayan firmalar, müşterinin arzu ve isteklerini tasarıma ve üretime mümkün olduğunca hassas bir şekilde dahil etmeye çalışmaktadırlar. Bilim çevreleri müşterinin isteklerini doğru bir şekilde belirleyip bunu işlenebilir hale getiren çeşitli çalışmalarda bulunmaya ve çeşitli yaklaşımlar geliştirmeyi sürdürmektedirler.

Harding vd. (2000), çalışmalarında geliştirdiği destek sistemi ile tasarımcıların tasarımı meydana getirirken müşteri tarafından belirlenen muğlak ifadeleri nicel ifadelere çevirmeyi amaçlamış. Bunun için Kalite Fonksiyon Yayılımı (QFD), Analitik Hiyerarşi Metodu (AHP) ve Bulanık Mantık (BM) kullanımı tercih edilmiştir. Performans değerlendirmesinde KRM (Knowledge Representation Model) temel alınmıştır. Müşteri memnuniyetinin de tasarımın değerlendirilmesini desteklemek için çalışma yapılması gereği belirtilmiştir.

Ong vd. (2003), çalışmalarında tasarlanan silindirik parçaların üretilebilirliğinin kontrolü amaçlanmıştır. Bunun için BM üretilebilirlik indeksi ve AHP araçlarından faydalanılmıştır. Performansın değerlendirilmesinde “Saaty Method” referans kabul edilerek, ileriki çalışmalarda özellik tabanlı parça modelinin genişletilebileceği vurgulanmıştır.

Park ve Han (2004), müşteri memnuniyetinin elde edilmesinde tasarım değişkenlerini belirleyerek yeni bir model oluşturma amaçlamıştır. Bunu yaparken bulanık mantık ve “Best Subset Procedure” araçlarından faydalanılmıştır. Sistemin performansının hesaplanmasında ortalama karesel hata yöntemi tercih edilmiştir. Zaman ve maliyet kısıtlamalarının sistemin eksiklikleri olduğu vurgulanmıştır.

Nepal vd. (2005), modüler tasarımda belirli bir ürün kavramı geliştirmeden önce performansın optimum seviyeye çıkarılmasını amaçlamışlardır. Bunun için Mamdani bulanık mantık yöntemi kullanılmıştır. P-Median Grup Teknoloji Algoritması ile de sistemin performans değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Montaj mimarisinin ve modüllerin maliyet analizinin yapılması bir sonraki çalışmaya bırakılmıştır.

Lin vd. (2007), BM aracını kullanarak, müşterilerin kendilerine en uygun cep telefonu kombinasyonu belirlenmesi hedeflemiştir. Hesaplamalarda bulanık mantık, yapay sinir ağları, Kansei yaklaşımı ve nicelik teorisinden faydalanılmıştır. Sistem veriminin değerlendirilmesinde NN (Neural Networks), GRA-NN modelleri kullanılmıştır. Çalışma sadece cep telefonu için yapıldığı ancak diğer uygulamalarda da kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Baxter vd. (2007), vakum pompa tasarımı için bilgi tabanlı çerçeve çalışmasıyla bütün parçaların ihtiyaçlarını belirlemeyi amaçlamıştır. Bunu yaparken QFD yöntemini kullanmayı tercih etmiş ve geliştirdiği yaklaşımın performans değerlendirmesinde Boothroyd tarafından geliştirilen DFA yöntemini (Boothroyd, 1992) referans almıştır. İlişkili nesnelere sayısının artmasıyla, geliştirdiği yaklaşımın eksik kaldığını ayrıca ifade etmiştir.

Khabbaz vd. (2008), çalışmalarında basitleştirilmiş bulanık mantık yaklaşımıyla, malzemelerin nitelik belirten özellikleri ile bulanık mantık uzayı arasında kullanışlı bir araç geliştirmeyi hedeflemiştir. Sistemin genel performans değerlendirilmesi için Manshadi yöntemi (Manshadi vd., 2007) temel alınmıştır. Ancak belirlenen yaklaşımın %30 oranında kabul edilebileceği belirtilmiştir.

Kwong ve Wong. (2009), çalışmalarında müşteri memnuniyetinin iyileştirilmesini hedeflemiştir. Yapay sinir ağı yöntemi ve ANFIS aracını tercih etmişlerdir. Sistemin genel veriminin hesaplanmasında Kural Ekstraksiyon Yöntemi kullanılmıştır. Sistemin tek bir müşteri memnuniyeti için değil çoklu müşteri memnuniyetlerinin optimizasyonunda da kullanılabileceği belirtilmiştir.

Hsiao (1998), değişik tasarım olasıklarından en iyisi ve en uygun olanını bulanık mantık aracı kullanarak seçmeyi amaçlamıştır. Bunun için dört adet meyve sıkma makinesi tasarımı belirleyerek, tasarıma etki eden faktörler, etkilerine göre ağırlık fonksiyonları verilmiş bir halde hiyerarşik sıraya sokulmuştur. Bunların içinden en uygunu ilgili araçlar kullanarak belirlenmiştir.

Gershenson vd. (1999), modüler yapıları mekanik tasarıma dahil etmeyi amaçlamışlardır. Bunun için mekanik bir kurşun kalem üzerinden örnek uygulama yaparak modülerliliği ölçme yoluna gidilmiştir.

Chen (2008), sezgisel bulanık kümeler tabanlı karar verme ağacı kullanarak tasarım problemlerini çözmeye yeni bir yaklaşım geliştirmiştir. Performans değerlendirmesinde bulanık tabanlı karar verme ağacıyla kıyaslamada bulunmuştur. Çalışma sonucunda tasarım problemleri belirlenip bunların çözümü hızlı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Problemlerin tespiti, gelecekte çıkacak problemlerin önüne geçerek benzer problemlere karşı hızlı müdahale edebilmeyi olanak sağlamıştır.

Yapılan çalışmalarda genel olarak mevcut ve halihazırda bulunan tasarım alternatiflerinden müşteri için en optimum olanını, geliştirilen çeşitli tekniklerle belirleme yoluna gidilmiştir. Yapılan tezde mevcut tasarlanmış bir ürün üzerinden, bulanık mantık tekniğinden faydalanılarak müşterinin, BDT ortamında yeni bir ürün oluşturma çalışması gerçekleştirilmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda mevcut ürünlerin yapımı veya montajı tamamlanmadan bir takım optimizasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan tez çalışmasında bu yapılan çalışmalara benzer olarak ürünün daha tasarlanma sürecinde optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak ürünün BDT ortamındaki katı modeli, oluşturulan program arayüzü sayesinde müşteriye gösterilmiştir. Yapılan çalışmaların içerisinden program arayüzü geliştirilerek müşterinin isteklerini BM sayesinde tasarımcıya aktarma yoluna gidilmiş fakat BDT programına, geliştirilen arayüz vasıtasıyla müdahale gerçekleştirilememiştir. Bu eksiklikte yapılan tez çalışmasında giderilerek müşteri memnuniyetinin tam olarak elde edilmesi gerçekleştirilmiştir.

BÖLÜM 3

BULANIK MANTIK

Bulanık küme kavramı, ilk kez 1965 yılında Kaliforniya Üniversitesi öğretim üyesi (Zadeh, 1965) tarafından ortaya çıkarılmış ve hızla gelişerek, araştırmaya açık yeni bir dal haline gelmiştir. Bulanık mantığın ana görevi başka bir metodolojiye erişmeksizin kelimeler ile hesaplama yapabilmektir. Bulanık mantık insan düşünce ve karar verme sürecini taklit ederek, belirsizliklere dayalı karar vermeyi gerçekleştirmektedir (Haji ve Assadi, 2009). Bir başka deyişle BM bulanık küme teorisinden çekilmiş çoklu değişkenli mantığın, kesinlikten ziyade yaklaşımlı uslamlama ile uğraşan bir formudur.

3.1. BULANIKLIK KAVRAMI

Bulanık mantık tekniğinin temel elemanı bulanık kümedir. Bulanık kümeler, üyelik fonksiyonları ile tanımlanırlar. Gerçekte bu üyelik fonksiyonları, birer bulanık sayıdan başka bir şey değillerdir. Bulanık mantık, üyelik fonksiyonu, ve bulanık sayı gibi kavramların detaylı bir şekilde anlaşılabilmesi için öncelikle bulanıklık kavramının netlik kazanması gerekmektedir. Aşağıdaki cümlelerde sözü edilen durum açıklanmıştır.

“Ayşe akıllı bir çocuktur.”

“Barış çok çalışkan bir öğrencidir.”

“45, 65’ten biraz küçük bir sayıdır.”

Bu gibi cümlelerin doğruluğunu klasik mantık sistemleriyle doğrulamak imkansızdır. Cümlelerdeki “akıllı”, “çalışkan”, “küçük” gibi sözel ifadeler açık bir şekilde tanımlanmadığı için belirsizlik ifade eden sözcükler arasında kalmışlardır.

Klasik mantık sistemlerinde kesin doğruluk değerleri yada kesin yanlışlık değerleri bulunmaktadır. Bir başka deyiş ile bir şey ya kesin doğrudur yada kesin yanlıştır. Biraz doğru yada biraz yanlış olma durumundan söz edilemez.

Bulanık mantıkta dereceli şekilde doğruluktan, diğer bir ifadeyle “bulanık” doğruluktan bahsedebiliriz. Bulanık doğruluk kavramı klasik mantıktaki doğruluk kavramından daha genel bir ifadedir ve kullanım yerleri diğerine göre daha geniştir. Klasik mantığın değer kümesinde sadece iki eleman $\{0, 1\}$ bulunabilir. Ancak bulanık mantıkta bu sayıların arasındaki bütün sayılar bulanık mantık siteminin çözüm kümesinde bulunabilir. Diğer bir ifadeyle doğruluk, önermelerle, yanlış ve doğru arasındaki sonsuz sayıdaki doğruluk değerlerini içeren bir kümedeki değerleri, ya da sayısal olarak $[0, 1]$ gerçel sayı aralığıyla ilişkilendiren bir fonksiyondur. Bu durum, Zadeh’in bulanık kümeler üzerindeki ilk çalışmasının bir sonucu olarak bulunmuştur (Zadeh, 1965). Bulanık mantıkta özet olarak, “doğru” ve “yanlış”a eklenen “çok”, “oldukça”, “daha çok”, “daha az” gibi niteleyicilerle beraber kullanılarak anlamı güçlendirip yada zayıflatmak mümkün olabilmektedir.

3.1.1. Bulanıklık ve Olasılık

Bulanıklık kavramı genel olarak, olaydaki belirsizliği ifade etmek için kullanılır. Bir olayın tamamlanıp tamamlanmasından ziyade, hangi dereceye kadar olduğunu ölçmek için kullanılır. Olasılık ta ise olayın oluşundaki kesin olmayışlık ana etkidir. Bir olayın olup olmayacağı yada tamamlanıp tamamlanmayacağı olasılıktır, yani olay olabilir de olmayabilir de. Bulanıklık kavramını özetleyecek olursak bir olay hangi dereceye kadar vuku bulduysa bulanıklıktır. Bulanıklık, genel olarak deterministik olmasına rağmen, olasılık stokastiktir. Bulanıklık ile olasılık arasındaki ikinci önemli nokta ise bulanık mantık üyelik dereceleriyle olasılık arasındaki farklardır. Olasılığı ifade etmede kullanılan sayılar bir şeyin olup olmayacağını göstergesi olarak kullanılır. Bulanık mantıktaki bulanık sayıların üyelik fonksiyonları ise bir olayın ne dereceye kadar olduğunu, ne dereceye kadar gerçekleştiğini belirtmek için kullanılır. Örneğin “yarın hava sıcaklığının %40 olasılıkla serin olması bekleniyor” cümlesinde havanın serin olma olasılığı üzerinde duruluyor. “Hava

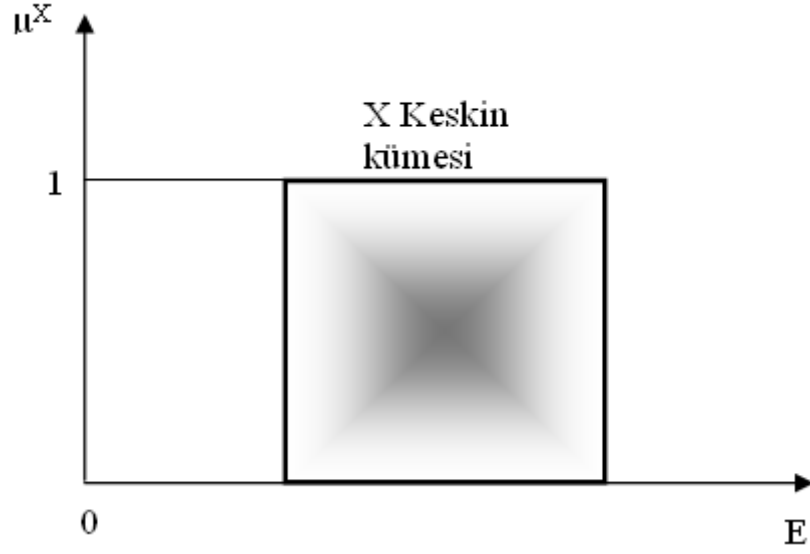
sıcaklığı %40 serindi.”veya “hava %40 serin” gibi ifadeler ise geçmişte veya o anda söylenmiş havanın serinlik derecesini belirlemek için kullanılmıştır.

3.2. BULANIK KÜMELER

Bulanık mantık ile klasik mantık arasında mevcut olan farkı en iyi bu iki mantık sisteminin sahip olduğu küme kavramı açıklanarak incelenebilir.

Bulanık mantığın kullanıldığı "bulanık" ya da başka bir deyişle "çok değer içeren" kümelerde, nesnelere bulanık bir kümeye ve bu kümenin tümleyeni olan kümeye aynı anda sonsuz farklı derecelerde ait olabilir. Buradaki tek sınırlama bu iki üyelik derecesinin toplamının bir olması gerektiğidir. Örneğin eğer hava, %20 serin ise %80 serin-değil olmalıdır. Bulanık mantık bu yolla, klasik mantığı geçersizleştiren "havanın %100 serin iken %100 serin-değil" ifadesinde olduğu gibi, çift çelişkiden kaçınır. Bunun yerine nesnelere birbirlerinin tamamlayıcısı olan iki bulanık kümeye, hava %20 serin iken %80 serin-değil olması gibi aynı anda kısmen aittir ve bu da dilsel (linguistik) niteleyicilerde olduğu gibi kısmi çelişkilere sebep olur. Bulanık kümeler nesnelere %100 üye olup-olmadığı özel durumlar için klasik kümenin özelliklerini taşır ve klasik küme teorisi işlemleri uygulanabilir (Bezdek, 1993).

Şekil 3.2.1’de keskin bir kümenin gösterimi yapılmıştır. Keskin kümelerde ya her şey bu kümenin içindedir yada değildir.



Şekil 3.2.1. Keskin küme gösterimi

Şekil 3.2.1’de gösterilen “X” keskin kümesini “E” evrensel kümesi içerisinde üç farklı yolla tanımlamak mümkündür. Birinci yol listeleme yöntemidir. Burada kümenin bütün elemanları liste şeklinde gösterilir. Bu yöntem ancak sonlu sayıda kümeler için kullanılabilir. İkinci yöntem kural yöntemidir. Burada her bir küme elemanı bir kural ile tanımlanır. 1 numaralı denklemde “y”nin 0’dan küçük reel sayı olma şartı getirilmiştir.

$$X = \{y \in E \mid y < 0\} \quad (1)$$

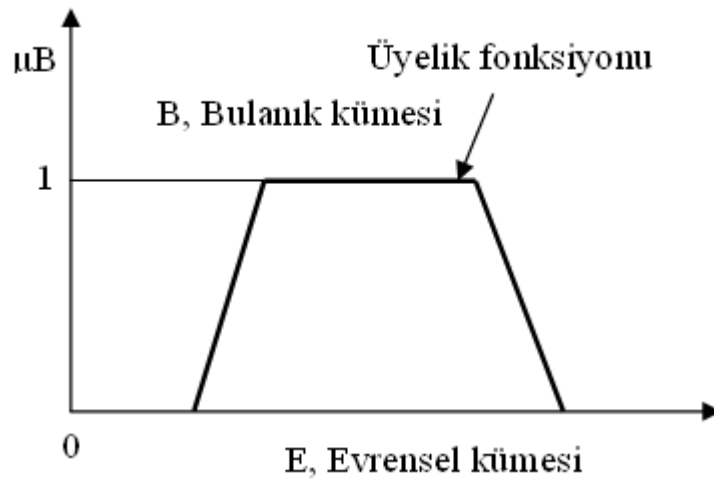
Üçüncü yöntem üyelik yöntemidir. X kümesi için üyelik fonksiyonu $\mu^X(y)$ şeklinde ifade edilir (2).

$$\mu^X(y) = \begin{cases} 0 & \text{eger } y \notin X \\ 1 & \text{eger } y \in X \end{cases} \quad (2)$$

Bu ayırım aynı zamanda discrimination fonksiyonu olarak da tanımlanmaktadır (3).

$$\mu^X : y \rightarrow \{0, 1\} \quad (3)$$

Küme elemanlarının kısmi üyeliğine bulanık kümelerde izin verilebilmektedir. Ayrıca bulanık küme elemanlarının alabileceği üyelik değerleri [0-1] arasında sonsuz sayıdadır. Bu da bize bulanık kümenin, keskin kümenin genelleştirilmiş hali olduğunu göstermektedir. E evrensel kümesinde B diye tanımlanan bir bulanık kümenin üyelik fonksiyonu $\mu_B(y)$ şeklinde ifade edilir. Bir bulanık kümede herhangi bir elemanın üyelik değerini belirlemek için yamuk, üçgen, çan eğrisi gibi üyelik fonksiyon çeşitleri kullanılmaktadır (Şekil 3.2.2).



Şekil 3.2.2. Yamuk tip üyelik fonksiyon gösterimi

E, evrensel kümeyi, y'de onun içindeki bir elemanı olarak kabul edersek, E evrensel kümesinde B bulanık mantık kümesinin üyelik fonksiyonu:

$$\mu_B : E \rightarrow [0,1] \quad (4)$$

şeklinde tanımlanır.

E evrensel kümesi içerisindeki B bulanık kümesi ve onun da içerisindeki y elemanlarının üyelik dereceleri sıralı çiftlerden oluşan bir küme ile ifade edilirler (5).

$$B = \{y, \mu_B(y) \mid y \in E\} \quad (5)$$

Bulanık mantık kümeleri, evrensel kümelerin sürekli yada ayrık olma durumlarına göre iki farklı şekilde ifade edilirler.

Sürekli olma durumunda integral işareti üyelik fonksiyonu $\mu_B(y)$ ile bağlantı kurulmuş bütün noktaların toplamını gösterir (6).

$$B = \int_E \mu_B(y) / y \quad (6)$$

Ayrık olma durumunda toplam işareti üyelik fonksiyonu $\mu_B(y)$ ile bağlantı kurulmuş bütün noktaların toplamını gösterir (7).

$$B = \sum \mu_B(y_i) / y_i \quad (7)$$

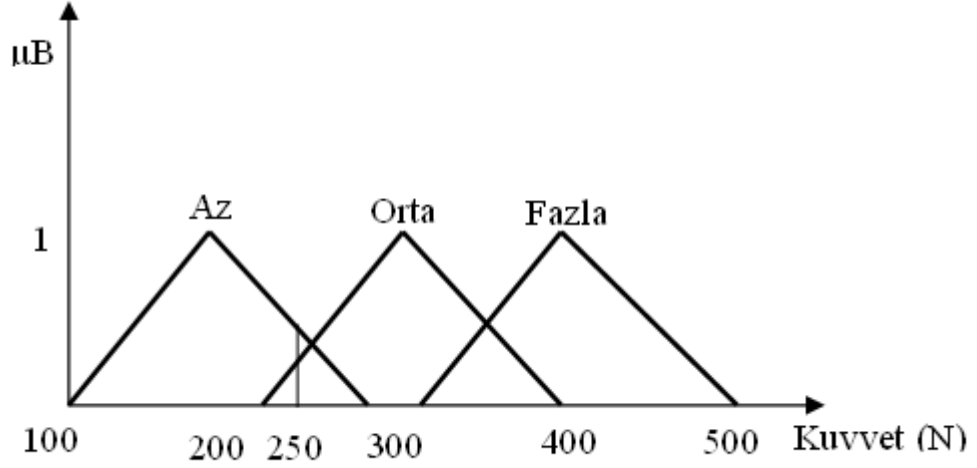
3.2.1. Dilsel Değişkenler

Zadeh (1965), “Fazla miktarda karmaşıklıktan sakınmak için sözel değişkenler kullanılır. Sözel değişkenlerin değeri doğal veya yapay dillerde sayı değil kelimeler veya cümleler şeklindedir. Kelimelere veya cümlelere sözel karakterler atamak sayılara atamaktan daha kolay bir iştir.” Bu cümleden yola çıkarak bulanık mantık kümesine ait belirlediğimiz y elemanına sözel bir değişkenin adı kabul edelim (örneğin kuvvet). Bu sözel değişkenin sayısal değeri de s ile gösterilsin ($s \in E$). Bazı durumlarda değişkenin sözel ifadesi ile sayısal ifadesi birbirlerinin yerine kullanılabilir. Bu durum özellikle bazı mühendislik uygulamalarında sıklıkla karşımıza çıkmaktadır. Bu sözel değişkeni dizi şeklinde gösterimi $D(y)$ şeklindedir (8).

$$D(y) = \{az, orta, fazla\} \quad (8)$$

$D(y)$ 'nin içindeki her bir terim evrensel kümeyle ait olduğundan u sözel değişkeninin E evrensel kümesindeki gösterimi de $E = \{100 N, 500 N\}$ şeklinde olur.

Bu sözel ve sayısal terimler Şekil 3.2.1.1’de üyelik fonksiyonları tanımlanarak bulanık küme şeklinde gösterilmiştir. “X” eksenı boyunca kuvvetin ölçülen değeri belirtilmiştir. y elemanı 250 olduğu zaman az kuvvet ve çok kuvvet kümelerinde farklı üyelik derecelerinde değeri almıştır (Şekil 3.2.1.1).



Şekil 3.2.1.1. Kuvvetler için bulanık mantık kümesi

3.2.2. Üyelik Fonksiyonları

Mühendislik uygulamalarında bulanık mantık üyelik fonksiyonları $\mu_B(y)$, kuralların sebep veya sonucunda bulunan terimlerle ilişkisi bulunmaktadır. Örnek verecek olursak, “EĞER kesit alanı az ve kuvvet fazla ise O HALDE gerilme yüksektir. $[\mu_A(a), \mu_F(f), \mu_Y(g)]$.

Üyelik fonksiyonları iki şekilde tanımlanmaktadır. Bunlar sayısal (9) ve fonksiyonel (10) tanımlamalardır.

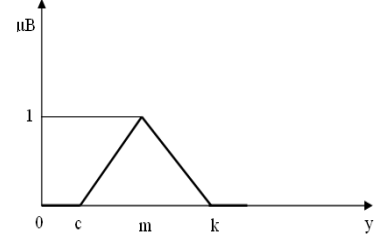
$$B = 5/4 + 0.3/2 + 0.24/3 + 2/10 \quad (9)$$

$$f(y) = \frac{2x-5}{6} \quad (10)$$

Üyelik fonksiyonlarının gösteriminde standart fonksiyon tipleri kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları;

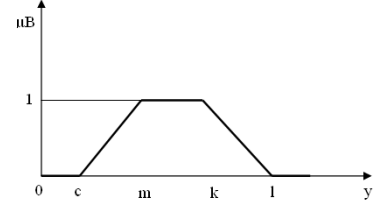
Üçgen üyelik fonksiyonu;

$$\tilde{U}(y; c, m, k) = \begin{cases} 0 & y < c \\ (y-c)/(m-c) & c \leq y \leq m \\ (k-y)/(k-m) & m \leq y \leq k \\ 0 & y > k \end{cases}$$



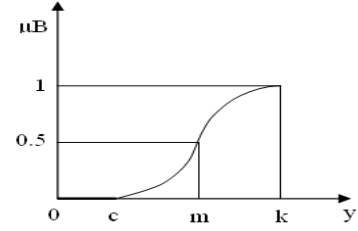
Yamuk üyelik fonksiyonu;

$$Y(y; c, m, k, l) = \begin{cases} 0 & y < c \\ (y-c)/(m-c) & c \leq y \leq m \\ 1 & m \leq y \leq k \\ (l-y)/(l-k) & k < y \leq l \\ 0 & y > l \end{cases}$$



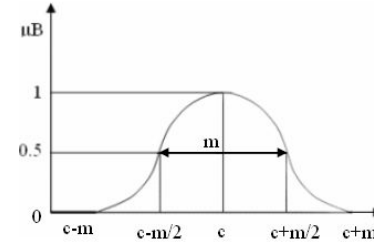
S- üyelik fonksiyonu;

$$S(y; c, m, k, l) = \begin{cases} 0 & y < c \\ 2[(y-c)/(k-c)]^2 & c \leq y \leq m \\ 1 - 2[(y-k)/(k-c)]^2 & m \leq y \leq k \\ 1 & y > k \end{cases}$$



Π- üyelik fonksiyonu;

$$\pi(y; c, m) = \begin{cases} S(y; m-c, m-c/2, m) & y \leq m \\ 1 - S(y; m, m+c/2, m+c) & y \geq m \end{cases}$$

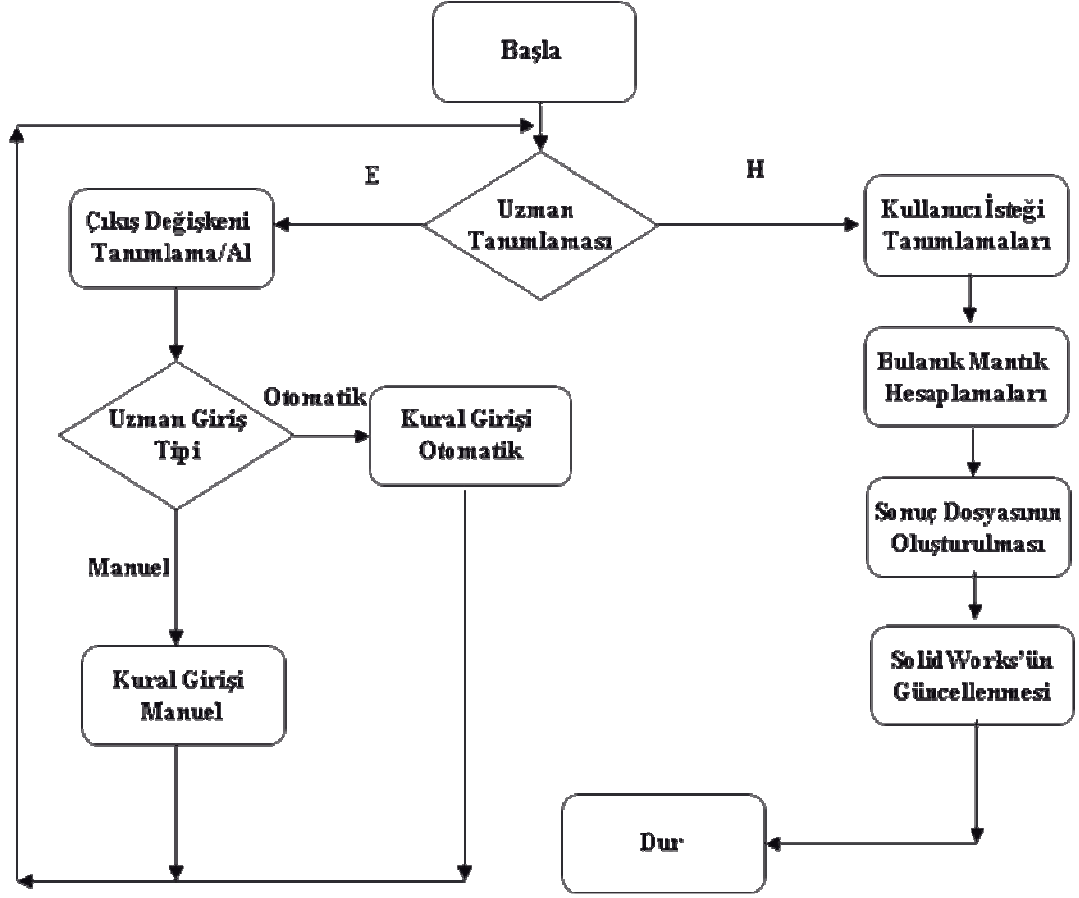


BÖLÜM 4

GELİŞTİRİLEN SİSTEM

Müşteri memnuniyetini üst seviyelere çıkarmak hedefiyle Bilgisayar Destekli Tasarım (BDT) ve mühendislik yazılımlarına (MATLAB) entegreli **Bulanık Mantık Müşteri İstemli Tasarım (BuMaMİT)** arayüzü geliştirilmiştir. Müşteri memnuniyetinin en iyi şekilde elde edilebilmesi için müşterinin henüz tasarım sürecinde ürüne müdahil olabilmesine imkan tanınmıştır.

BuMaMİT arayüzü ile birlikte BDT programının tasarım tablosuna API fonksiyonları kullanılarak erişim gerçekleştirilmektedir. Tasarım tablosu alınan modelin parametreleri mühendislik yazılımında kullanılmak üzere BuMaMİT arayüzünün veritabanına eklenmektedir. Veri tabanına eklenen parametreler uzman kişinin BuMaMİT arayüzünü kullanmasıyla mühendislik yazılımına birer çıkış değişkenleri olarak kaydedilmektedir. Uzman kişi ayrıca müşterinin o ürünü alırken belirlediği ölçütleri mühendislik yazılımında birer giriş değişkenleri olarak belirledikten sonra, her bir çıkış değişkenine etki eden giriş değişkenlerinin atamasını tekrar BuMaMİT arayüzünü kullanarak gerçekleştirmektedir. BuMaMİT arayüzünde bulanık mantık ayarlarının uzman kişi tarafından tamamlanmasının sonra müşteri, kendisi için ayrılan bölüme ulaşabilmektedir. Müşteri, Müşteri Girişi penceresinde, ürün seçiminde göz önünde bulundurduğu ölçütleri kendi isteği doğrultusunda değiştirerek BDT yazılımında hali hazırda mevcut modelin aldığı son hali üç boyutlu olarak katı model şeklinde görebilmektedir. Şekil 4.1'de oluşturulan sistemin akış diyagramı gösterilmiştir.

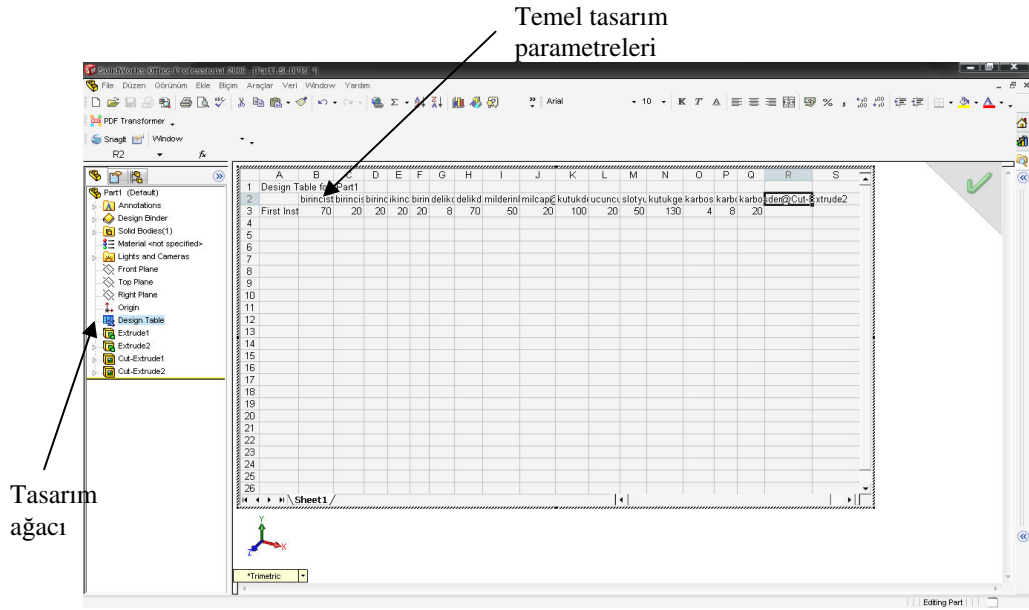


Şekil 4.1. Sistemin akış diyagramı

Sistemin genel yapısına bakıldığında BuMaMİT arayüzüne ilk önce uzman kişi girişi yapılmaktadır. Uzman kişi bulanık mantık için gerekli giriş ve çıkış değişkenlerini geliştirilen arayüzün ilgili bölümüne girmektedir. Kural giriş tipinin ve sonrasında kuralların, uzman kişi tarafından tanımlanmasından sonra, müşteri kendisi için ayrılan bölümde bu belirlenen ölçütleri kendi isteğine göre belirleyebilmektedir. Bu aşamadan sonra bulanık mantık aracı devreye girerek durulama işleminin gerçekleştirilmesi ve neticesinde sonuç dosyasının oluşturulması elde edilmektedir. Geliştirilen arayüz ile sonuç dosyasından okunan değerler, BDT programının tasarım tablosuna kaydedilerek, eski modelin parametrelerinin güncellenerek yeni modelin oluşturulması gerçekleştirilebilmektedir.

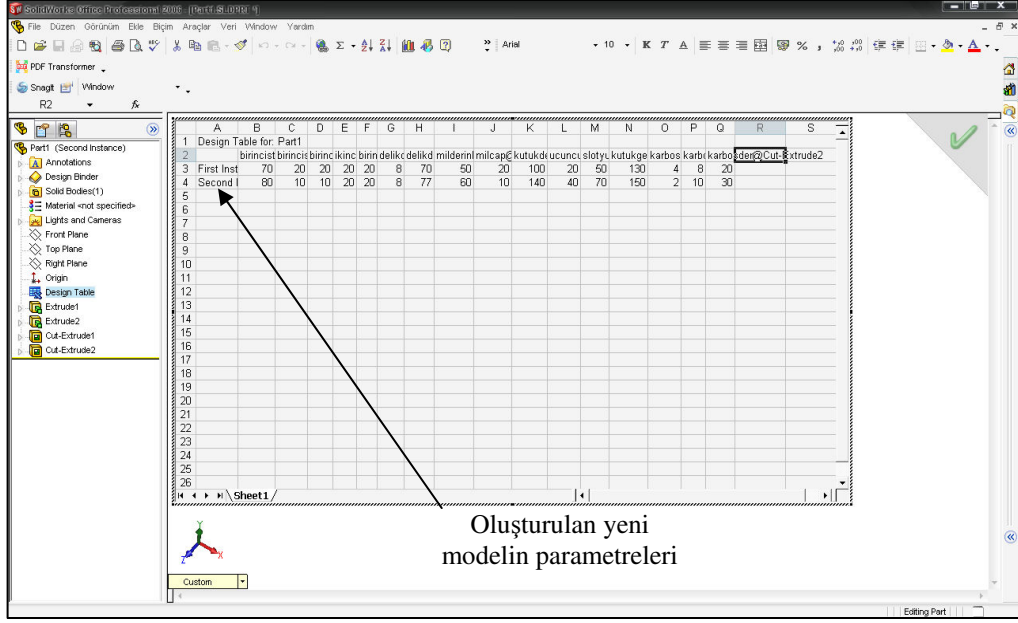
4.1. BDT YAZILIMINDA TASARIM TABLOSU

Ürünün modelinin tanımlanmasında gerekli olan parametrelerin kullanımına imkan veren tasarım yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Sözü edilen ihtiyaca çözüm olarak parametrik tasarım olarak nitelendirilen tasarım teknikleri ortaya çıkmıştır. BDT yazılımında parametrik tasarım için gerekli olan verileri saklamak için Excel tabanlı tasarım tablosu (Design Table) adı verilen yapı geliştirilmiştir (Şekil 4.1.1).



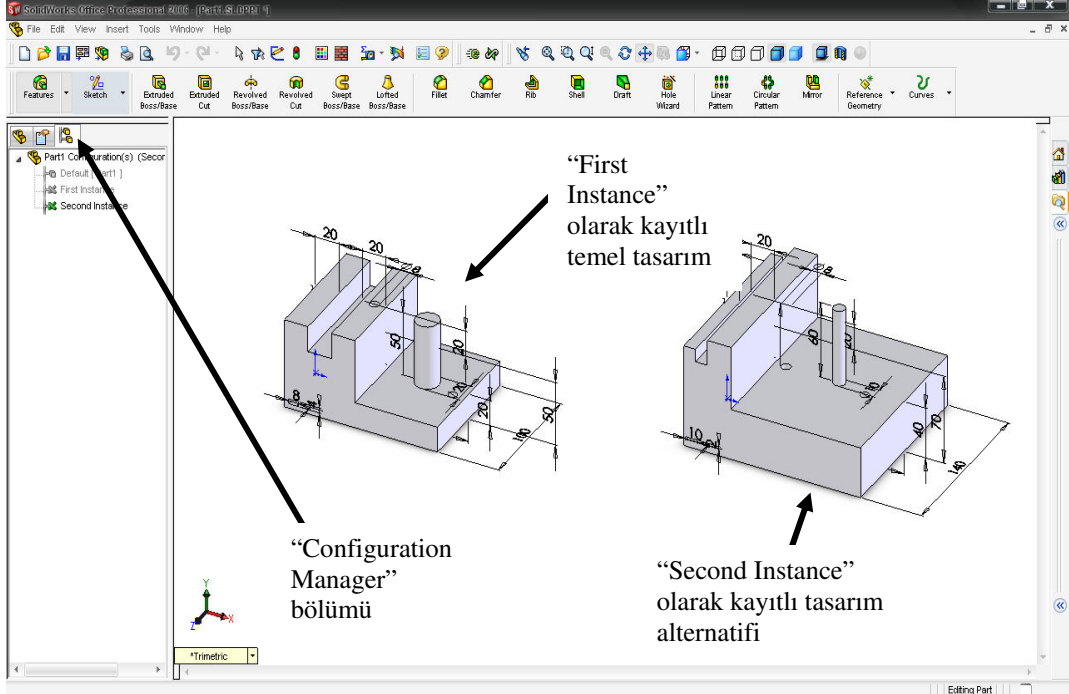
Şekil 4.1.1. SolidWorks tasarım tablosu

Tasarım tablosuna eklenen model parametreleri “First Instance” olarak ilgili satırda yerini almaktadır. Bu satırdaki parametre değerleri mevcut tasarımın değerleri olarak diğer tasarım alternatiflerine temel teşkil etmektedir. Aynı tasarım üzerinde parametrelerin sayısal değerlerini değiştirerek yeni satırda yeni bir model oluşturulabilmektedir (Şekil 4.1.2).



Şekil 4.1.2. Parametre değerleri değiştirilerek oluşturulmuş tasarım

“Second Instance” olarak oluşturulmuş ikinci tasarımın üç boyutlu haline BDT yazılımının “Configuration Manager” bölümünden ulaşılabilir (Şekil 4.1.3).



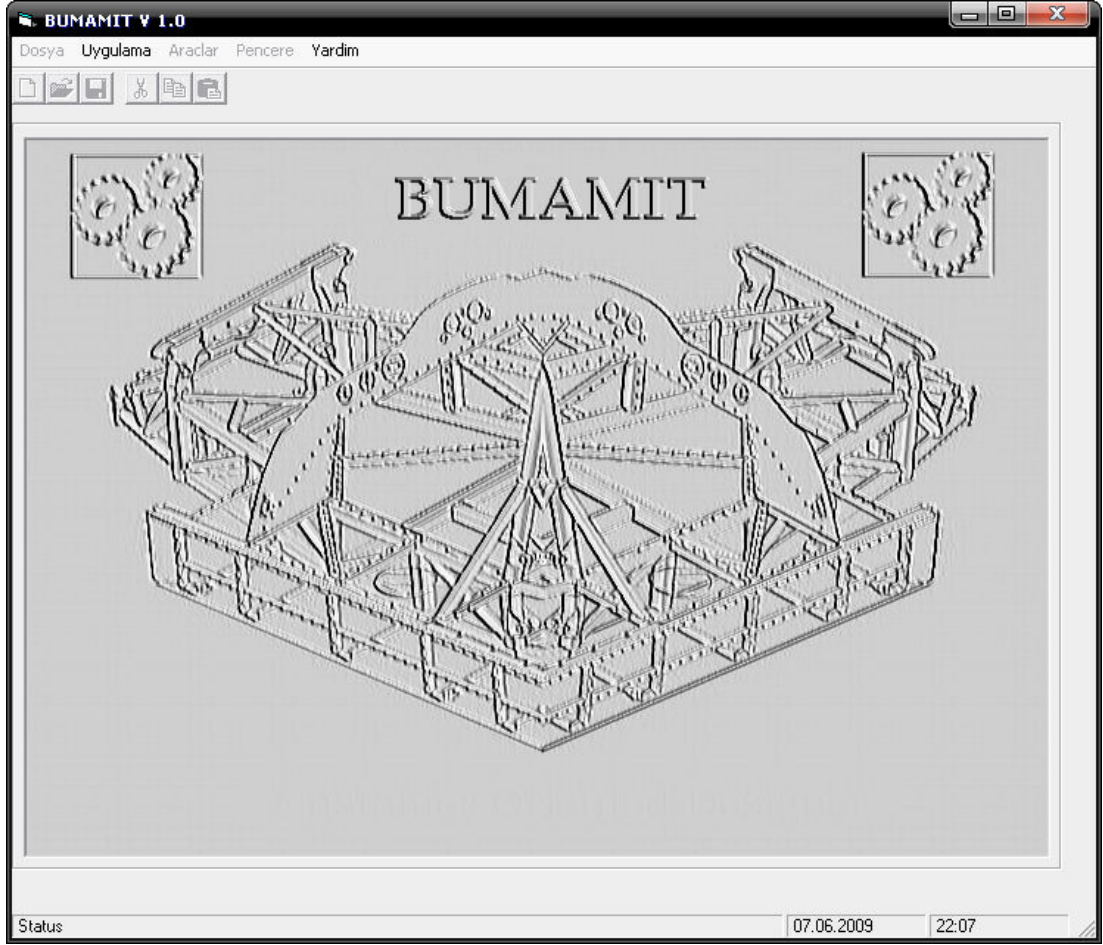
Şekil 4.1.3. Configuration Manager bölümü ve tasarım alternatifleri

4.2. BuMaMİT ARAYÜZÜ

Geliştirilen BuMaMİT arayüzü için görsel Visual Basic programlama dili tercih edilmiştir. Gerek BDT yazılımı gerekse mühendislik yazılımı bahsi geçen görsel programlama diliyle uyumlu çalışabilmesi tercih nedeni olmuştur (Şekil 4.2.1).

BDT programı ve mühendislik yazılımı kendi bünyesine dışarıdan API fonksiyonları ile müdahaleyi mümkün kılmaktadır. API fonksiyonları (Application Programming Interface) hazır programlama arabirimi olarak anılmaktadır. Windows tabanlı yazılmış programlara erişmek ve bunları denetlemek için API fonksiyonlarından faydalanılmaktadır.

API fonksiyonları bütün programlama dillerinde ve geliştirme ortamlarında işlemleri yapabilmek için derleyici sistemleri tarafından çağırılmaktadır. Örneğin, VisualBasic'te programcı API kavramını bilmese dahi derleyici sistemi bütün işlemlerini sistem fonksiyonlarını çağırarak gerçekleştirebilmektedir. Windows API fonksiyonları *.dll dosyaları içerisindedir ve sistemle beraber otomatik olarak yüklenirler. BuMaMİT arayüzünü kullanarak BDT ve mühendislik yazılımlarının alt yapısına ulaşmak için gerekli API fonksiyon kodları ve bunların nasıl çalıştığı alt başlıklar dahilinde açıklanmıştır.



Şekil 4.2.1. BuMaMİT program arayüzü

Program arayüzünün menü çubuğunda beş ana bölüm bulunmaktadır (Şekil 4.2.2). Bunlar sırasıyla Dosya, Uygulama, Araçlar, Pencere ve Hakkında bölümlerinden ibarettir.

Dosya Uygulama Araçlar Pencere Hakkında

Şekil 4.2.2. BuMaMİT menü çubuğu

Dosya menüsünün altında Yeni, Aç, Kaydet, Farklı Kaydet, Çıkış alt bölümleri, Uygulama menüsünün altında gerçekleştirilen örnek Bisiklet, Analiz ve Kalem uygulamaları, Araçlar menüsünün altında Uzman Girişi, Müşteri Girişi, Tasarım Dosyasını Güncelle, Uzman Girişinin altında Otomatik ve Manuel sekmeleri, Pencere menüsünün altında mühendislik yazılımının FIS (Fuzzy Inference System) Editörü ve SolidWorks, Yardım menüsünün altında ise İçindekiler ve Hakkında bölümleri bulunmaktadır (Şekil 4.2.3).



Şekil 4.2.3. BuMaMİT menü yapıları

4.2.1. Uzman Girişi

BuMaMİT arayüzünde uzman girişi bölümü iki ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar Otomatik giriş ve Manuel girişlerdir. Bu bölümde ürün tasarımında uzman kişiler bulanık mantık sistemi için gerekli verileri sisteme BuMaMİT program arayüzüne tanıtarak bulanık mantık ayarlamalarının tamamlanmasını sağlayacaktır. Aşağıda Uzman Girişi bölümünde mevcut iki bölüm detaylı olarak açıklanmıştır.

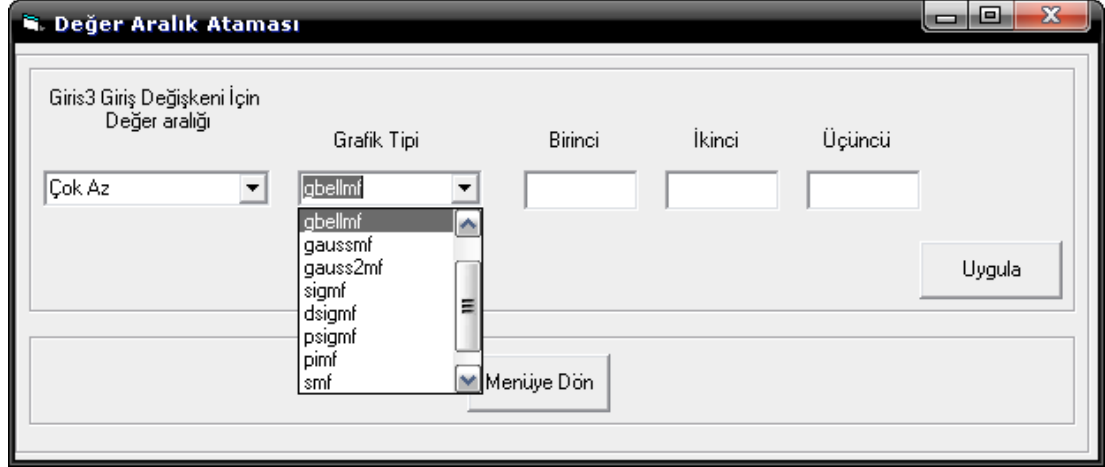
4.2.1.1. Otomatik Girişi

Otomatik Giriş bölümü BDT programının içindeki tasarım ağacından gerekli parametreleri aldıktan sonra aktif olmaktadır. Bu parametreler alındıktan sonra Otomatik Giriş penceresinde Tasarım Parametreleri bölümüne BuMaMİT programı arayüzü vasıtasıyla kaydedilirler (Şekil 4.2.1.1.1). Otomatik Giriş penceresinde bulanık mantık aracı için gerekli olan giriş değişkenleri bunların alt ve üst değerleri, değer aralıkları uzman kişi vasıtasıyla Otomatik Giriş penceresine girilebilmektedir. Otomatik Giriş bölümüne mahsus bütün giriş ve çıkış değişkenlerinin değer aralıkları sabit ve eşit kabul edilmiştir. Bunun bu şekilde kabul edilmesinde hem zamandan tasarruf sağlanmış hem de uzman kişinin aynı bilgileri tekrar tekrar girmesinin önüne geçilmiştir.

Şekil 4.2.1.1.1. Otomatik Giriş bölümü

Uzman kişi ilk önce Otomatik Giriş bölümüne, müşterinin tasarlanacak ürünü seçiminde göz önünde bulundurduğu etmenleri giriş değişkenleri olarak pencerede Giriş Değişken İsmi belirtilen yere girerek sisteme tanıtmaları gerekmektedir. Bu giriş değişkenlerinin her biri en az iki adet değer aralığına sahip olması gerekmektedir. Bu değer aralıklarının miktarı ne kadar çok olursa bulanık mantık sisteminin çözünürlüğü o derecede artacak ve müşterinin isteklerini tasarıma yansıtma o oranda başarılı olacaktır. Değer aralıklarının da ekranda ilgili yere girilmesinden sonra bu değer aralıklarının sınır değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Otomatik Giriş penceresinde bu durum iki şekilde değerlendirilmiştir. Birinci alternatif (değer aralıkların eşit dağıtılma durumu) her bir değer aralığı üçgen tip üyelik fonksiyonu kabul edilerek giriş değişkeninin sahip olduğu alt üst sınırlar dahilinde değer aralığı miktarınca eşit dağıtılmasıdır. İkinci alternatifte (değer aralıklarının eşit dağıtılmama

durumu) ise uzman kişi her bir değer aralığının üyelik fonksiyon tipini ve ölçülerini kendisinin belirlemesine imkan tanımaktadır (Şekil 4.2.1.1.2.).

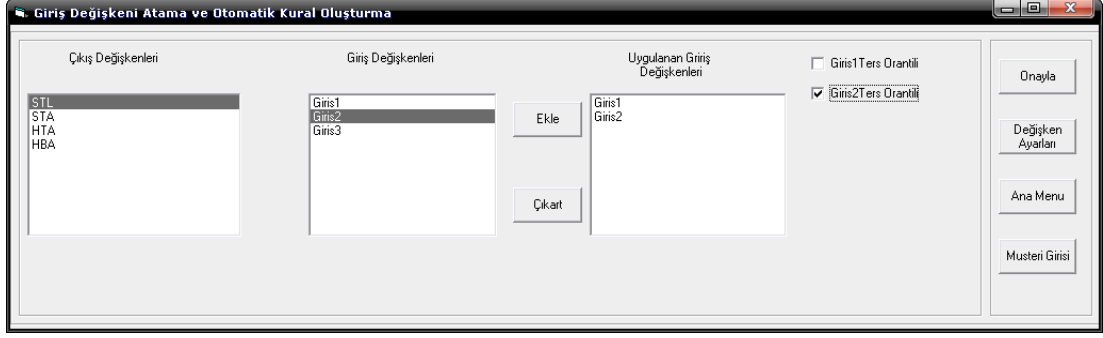


Şekil 4.2.1.1.2. Eşit dağıtılmayan değer aralıklarının girişlerinin yapıldığı bölüm

Otomatik Giriş penceresinde giriş değişkeni ile alakalı gerekli ayarlamaların yapılmasından sonra uzman kişi bu bölümde bulunan “Onayla” düğmesini tıklayarak mevcut ayarların veritabanına yazılmasını gerçekleştirir.

Giriş değişkenleri için gerekli bilgilerin sistem veritabanına kaydedilmesinden sonra tasarım parametrelerinin de çıkış değişkenleri olarak bulanık mantık sistemine dahil edilmesi gerekmektedir. Otomatik Giriş penceresinde çıkış değişkenlerinin değer aralığı olarak giriş değişkenlerine girilen değerler kullanılmıştır. Uzman kişi burada sadece bu değer aralıklarının eşit dağıtılma yada dağıtılmama durumunu belirleyebilmektedir. Ayrıca her bir çıkış değişkenine alt ve üst sınır değerleri vermek suretiyle, bu parametrelerin alabileceği minimum ve maksimum noktaları da belirlemiş olacaktır. Uzman kişi bu yapılan ayarları giriş değişkenlerinde olduğu gibi “Onayla” düğmesine tıklayarak veritabanına kaydedilmesini sağlayacaktır.

Bulanık mantık sistemi için gerekli giriş ve çıkış değişkenlerinin ayarlamalarının veri tabanına kaydedilerek tamamlanmasından sonra, uzman kişi mantıklı kurallar bütününe bulanık sisteme girmesi gerekmektedir. Bunun için Otomatik Giriş penceresinde “Kural Oluşturma” düğmesine tıklayarak ilgili bölümün ekrana gelmesini gerçekleştirir. Kural oluşturma bölümüne ancak giriş ve çıkış değişkenleri için gerekli verilerin girilmesinden sonra ulaşılabilir (Şekil 4.2.1.1.3).



Şekil 4.2.1.1.3. Otomatik kural oluşturma penceresi

Kural Oluşturma penceresinde sistemde kayıtlı çıkış değişkenleri ve bunlara etki eden giriş değişkenleri iki ayrı liste kutusunda gruplanmıştır. Uzman kişi “Ekle” ve “Çıkart” düğmelerini kullanarak her bir çıkış değişkenine etki eden giriş değişkenlerinin atamasını yaparak bu giriş değişkenlerinin çıkış değişkenine ters orantılı bir şekilde mi yoksa düz orantılı olarak mı etki ettiğini yandaki kısımdan kontrol kutusuna işaret koymak suretiyle belirler. Otomatik Giriş bölümünü Manuel bölümden ayıran en önemli özellik bu aşamadan sonra karşımıza çıkmaktadır. Uzman kişi bulanık sistem için gerekli kuralları el ile girmek yerine sağda bulunan “Onayla” düğmesine tıklayarak BuMaMİT arayüzünün otomatik oluşturmaya izin verir. Program otomatik kural oluşturmayı, çıkış değişkenine etki eden giriş değişkeninin ters yada düz orantılı şekilde etki etme durumuna göre belirler. Bu otomatik kural bölümünün oluşturulması, her bir kuralın el ile girilemeyecek kadar fazla sayıda olan bulanık mantık sistemleri için gerçekleştirilmiştir.

Bulanık sistem için gerekli kurallarında oluşturulmasından sonra uzman kişinin kendisine ayrılan görevi sona ermiştir. Bu aşamadan sonra müşteri kendisine ayrılan Müşteri Girişi bölümüyle ürün seçiminde göz önünde bulundurduğu etmenleri (giriş değişkenlerini) kendi isteğine göre belirleyerek (Bu bölüm ayrıntılı olarak örnekler bölüm de anlatılacaktır).

4.2.1.2. Manuel Giriş Bölümü

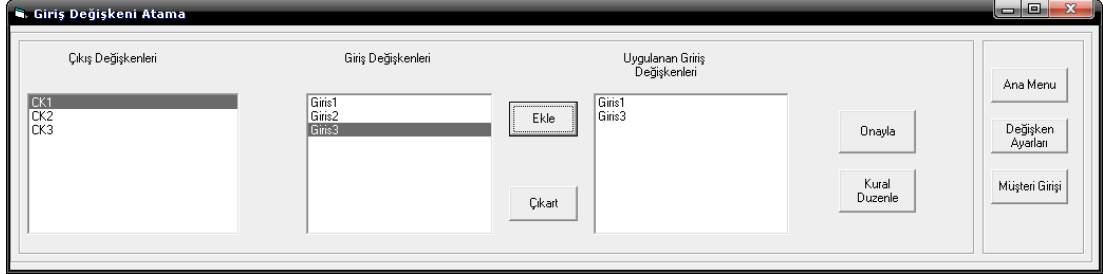
Geliştirilen program arayüzünde Manuel Giriş bölümü Otomatik Giriş penceresi ile benzer yapıya sahiptir (Şekil 4.2.1.2.1).

Şekil 4.2.1.2.1. Manuel Giriş penceresi

Manuel giriş penceresinde Otomatik Giriş penceresinde olduğu gibi öncelikle sisteme giriş değişkenleri ve bunların değer aralıklarının girilmesi gerekmektedir. Burada Manuel Giriş penceresinin Otomatik Giriş'ten farkı her bir giriş değişkenine farklı sayıda ve isimde değer aralığı girilebilmesidir. Aynı durum çıkış değişkeni için de geçerlidir. Her bir çıkış değişkeni için ayrı ayrı değer aralığı belirlemek mümkündür.

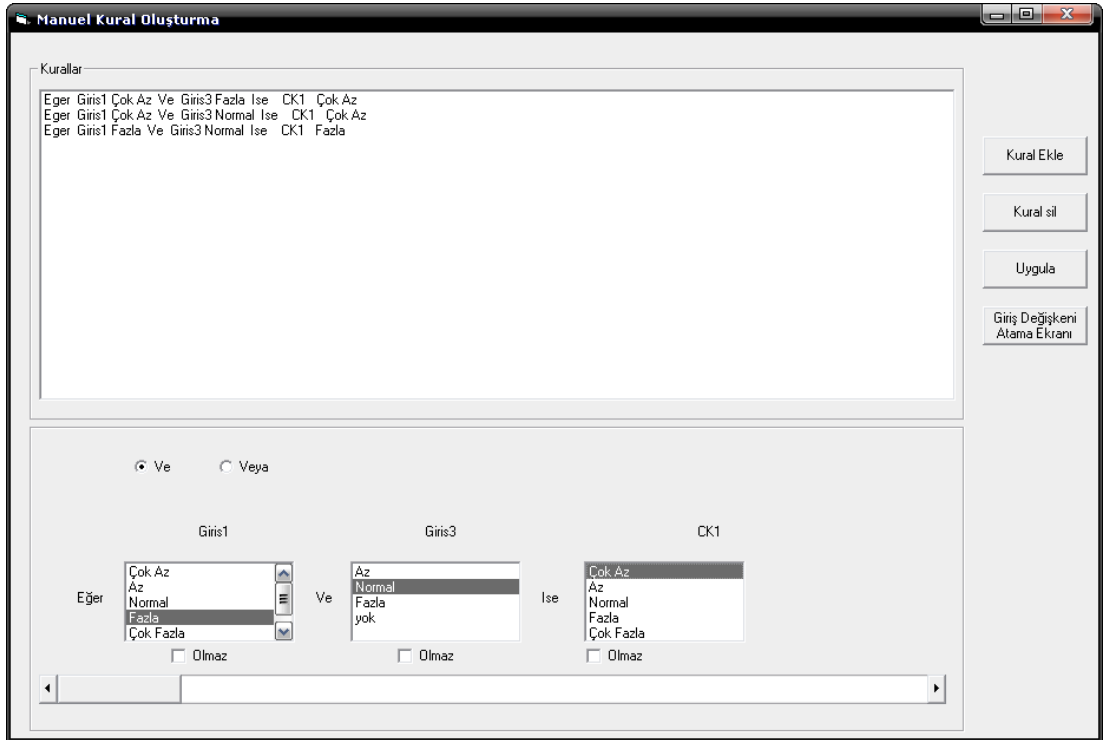
Bulanık mantık aracı için gerekli giriş ve çıkış değişkenlerinin sistem veritabanına girilmesinden sonra, her bir çıkış değişkenine etki eden giriş değişkenlerinin belirlenmesi ve bunlara etki eden kuralların sisteme girilmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikle her bir çıkış değişkenine etki eden giriş değişkenlerinin, o çıkış değişkenine atanması gerekmektedir. Manuel Giriş penceresinde “Kural Oluştur”

düğmesine tıklamak suretiyle çıkış değişkenlerine giriş değişkeni ataması yapılacak pencerenin açılması sağlanır (Şekil 4.2.1.2.3).



Şekil 4.2.1.2.3. Çıkış değişkenlerine giriş değişkeni atama penceresi

Bu pencerede çıkış değişkenleri ve giriş değişkenleri gruplandırılarak “Ekle”, “Çıkart” düğmeleri vasıtasıyla her bir çıkış değişkenine giriş değişkeni atanır. Atanan giriş değişkenleri “Onayla” düğmesi ile sistem veritabanına kaydedilerek, Kural Giriş penceresinin açılmasına olanak sağlar (Şekil 4.2.1.2.4).



Şekil 4.2.1.2.4. Kural giriş penceresi

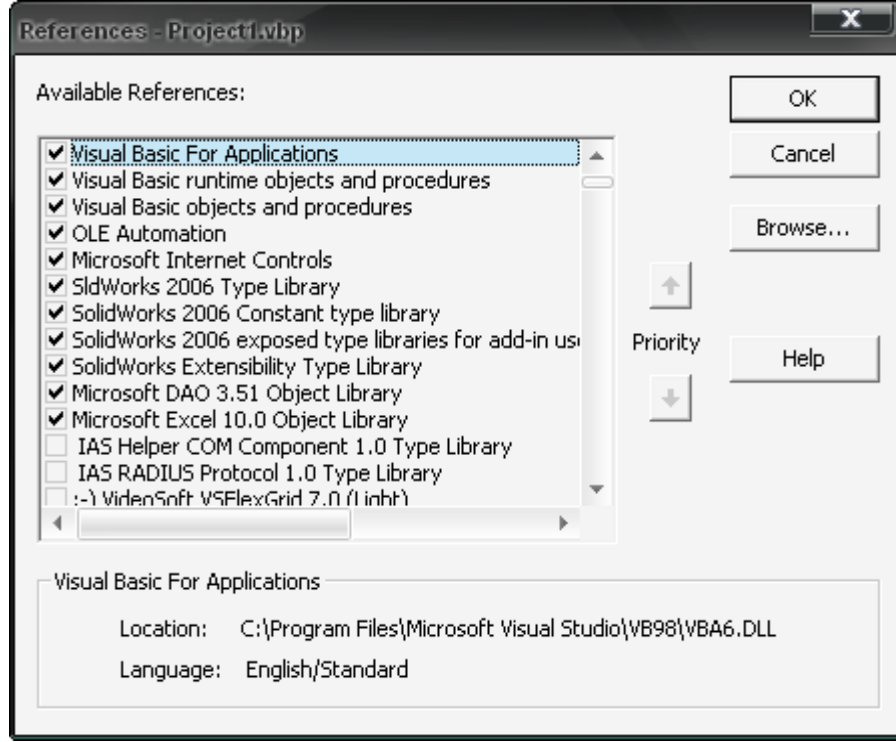
Kural Giriş penceresinde sistemde kayıtlı giriş değişkenleri çıkış değişkenleri ve bunların değer aralıkları ayrı ayrı liste kutularında gruplandırılmıştır. Kurallar ilgili liste kutuları kullanılarak “Kural Ekle” düğmesi vasıtasıyla sistem veritabanına

kaydedilir ve “Uygula” düğmesi ile de mühendislik yazılımındaki FIS editörün gerektirdiği formata uygun yapıda son şeklini alır.

4.2.2. BDT Programının Geliştirilen Arayüz ile Kontrolü

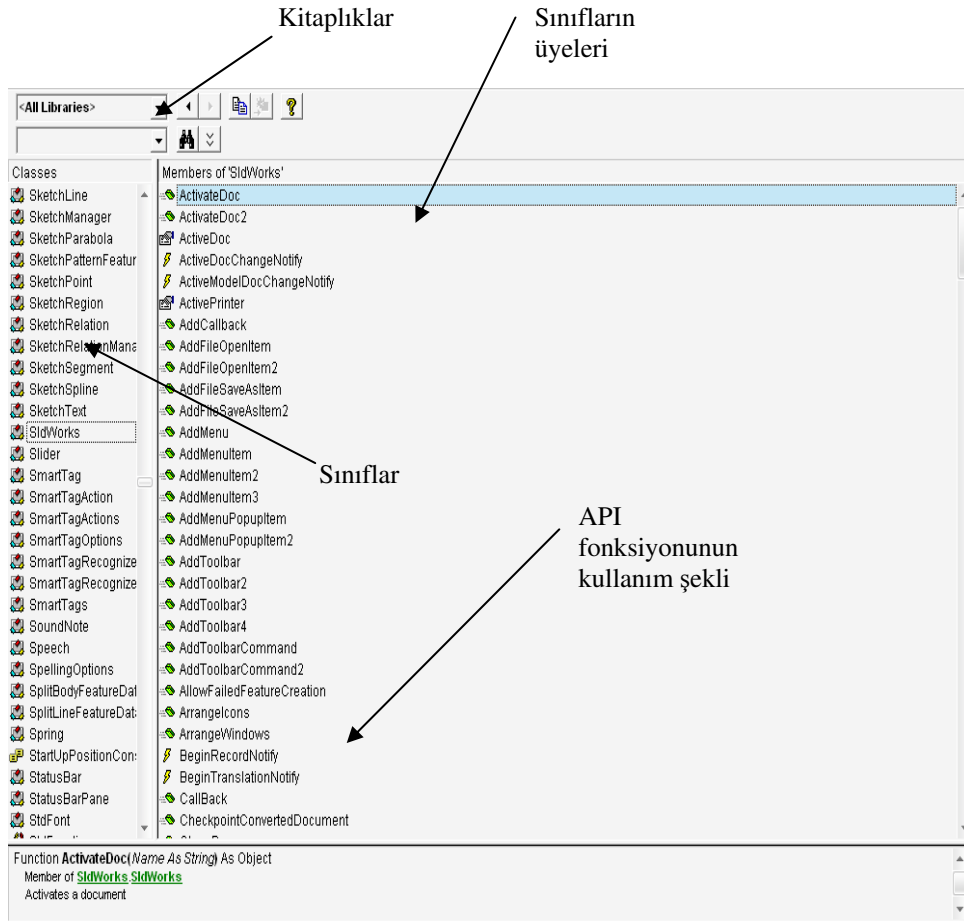
BDT programı Windows tabanlı geliştirilmiş, bünyesine hem Visual C++ hem de Visual Basic ile ulaşılabilen gelişmiş bilgisayar destekli tasarım ve üretim programları arasındadır.

BDT programının bahsi geçen program derleyicisi ile kontrol edilebilmesi için, API fonksiyonlarının bulunduğu *.DLL dosyalarının derleyici kütüphanesine eklenmesi gerekmektedir. Bu *.DLL dosyaları BDT programı kurulurken otomatik olarak Windows’un System klasörüne kendisini kopyalamaktadır. Daha sonra bu yüklenen dosyalar Visual Basic te “Project” de “References” kısmı kullanılarak kütüphaneye eklenmesi gerekmektedir. BDT programının tamamen Visual Basic ortamından kontrol edilebilmesi için “References” bölümünden SldWorks 2006 Type Library, SolidWorks 2006 Constant Type Library, SolidWorks 2006exposed type Libraries, SolidWorks Extensibility Type Library ve son olarak ta SolidWorks bünyesinde tasarım ağacına müdahale de gerekli Microsoft Excel Object Library *.DLL kütüphanesinin de “References” bölümüne eklenmesi gerekmektedir (Şekil 4.2.2.1).



Şekil 4.2.2.1. SolidWorks programının Visual Basic ile kontrol edilebilmesi için gerekli *.DLL dosyaları

Eklenen kitaplıklarda hangi nesnenin altında hangi olayın olduğunu ve API fonksiyonlarının kullanımı için gerekli formatın nasıl uygulanacağını öğrenmek için kullanılan program derleyicisinde “View” menüsünden “Object Browser” yada “F2” tuşuna basılması gerekmektedir. Şekil 4.2.2.2’de “Object Browser” penceresi görülmektedir. Burada “All Libraries” kısmından SolidWorks ile ilgili kitaplıklar seçilerek solda çıkan sınıflardan, bunların kullanım şekillerinin nasıl olduğu basit bir şekilde öğrenilebilmektedir.



Şekil 4.2.2.2. Object Browser penceresi

BDT yazılımına dışarıdan müdahale edip aktif hale getirecek kodlar Şekil 4.2.2.3’de verilmiştir. Bu kodlara göre geliştirilen program arayüzünde Uygulama\Bisiklet konumu tıklandığında diyalog penceresi açılarak SolidWorks *.PRT uzantılı dosyanın yeri belirlenip önce SolidWorks sonrada dosya aktif hale gelmektedir

```

Public swApp As New SldWorks.SldWorks
Public part As Object
Public swModel As SldWorks.ModelDoc2

Me.Height = "1080"
Frame1.Height = "1080"
With dlgCommonDialog
    .DialogTitle = "Open"
    .CancelError = False
    .Filter = "SolidWorks Part File (*.prt*)|*prt*"
    .ShowOpen
If Len(.FileName) = 0 Then
    Exit Sub
End If

    sFile = .FileName
End With
dosyayolu = "" & sFile & ""

swApp.Visible = True
Set part = swApp.ActiveDoc
Set part = swApp.OpenDoc(dosyayolu, 1)
Set swModel = swApp.ActiveDoc
End

```

Şekil 4.2.2.3. SolidWorks yazılımına erişim kodları

4.2.3. Tasarım Tablosunun Geliştirilen Arayüz ile Kontrolü

BDT programında tasarlanan ürünün müşteri isteği doğrultusunda yeniden şekillenebilmesi için mevcut tasarımın, tasarım parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır. Tasarım parametrelerinin neler olduğu, hangi ölçülerin tasarımın karakteristiğini belirlediği o alanda uzmanlaşmış ürün tasarımcılarının kararıyla belirlenmektedir. Ürün tasarımcısı belirlediği bu parametreleri BDT programının tasarım tablosuna ekleyerek mevcut tasarımı kaydetmesi gerekmektedir. BuMaMİT program arayüzü, BDT yazılımını açıp seçilen tasarım dosyasını tekrar BDT ortamına yükledikten sonra doğrudan tasarım tablosu kontrolü yapmaktadır. İçinde tasarım tablosu olmayan tasarım dosyalarını, geliştirilen BuMaMİT arayüzü uyararak açılmasına izin vermemektedir.

İçerisinde tasarım tablosu bulunan tasarımların parametre değerlerindeki sayısal ifadelerin elde edilebilmesi için Şekil 4.2.3.1'deki kod geliştirilen programa girilmiştir.

```
Public swDesTable As SldWorks.DesignTable
Set swDesTable = swModel.GetDesignTable
bRet = swDesTable.Attach
```

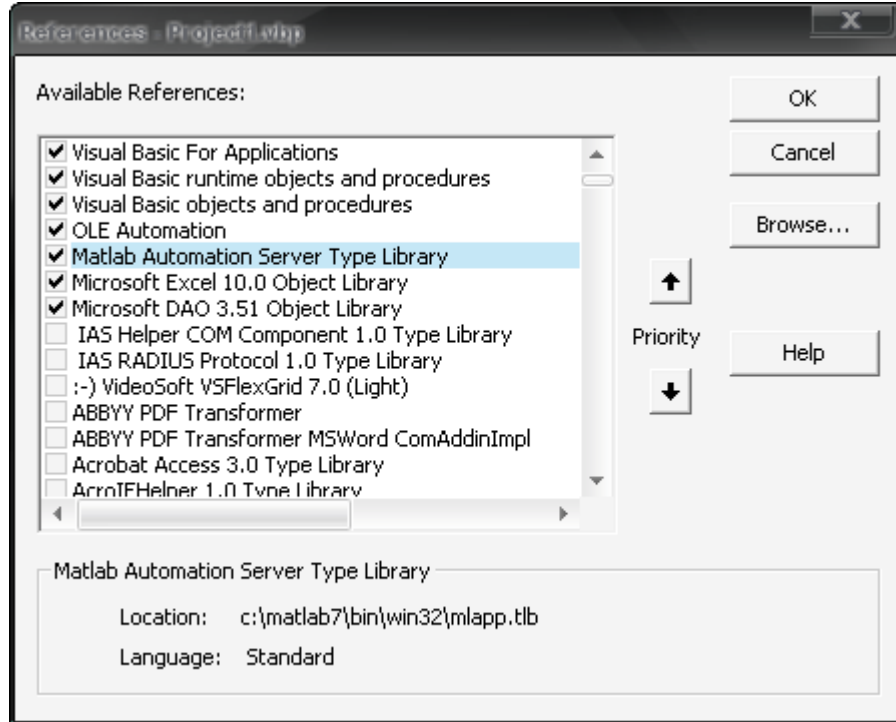
Şekil 4.2.3.1. SolidWorks tasarım tablosuna erişim kodları

Yukarıda belirtilen kodlar sadece tasarım tablosuna ulaşmak için kullanılmıştır. Geliştirilen BuMaMİT program arayüzünde tasarım tablosundan okunan veriler veritabanında saklanmaktadır. Program genelinde yapılacak işlemler bu dosyanın içindeki satır, sütun ve kitaplıklar kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Tasarım tablosundaki veriler bulanık mantık aracı için birer çıkış değişkeni olarak kaydedilmişlerdir. Her bir parametre ayrı ayrı çıkış değişkeni olarak düşünülmüştür.

4.2.4. Mühendislik Yazılımının Geliştirilen Arayüz ile Kontrolü

İlgili program derleyici arayüzü ile mühendislik yazılımına dışarıdan müdahale edilebilmesi için öncelikle mühendislik yazılımının gerekli kitaplık dosyaları derleyicinin, “References” bölümüne eklenmesi gerekmektedir (Şekil 4.2.4.1).

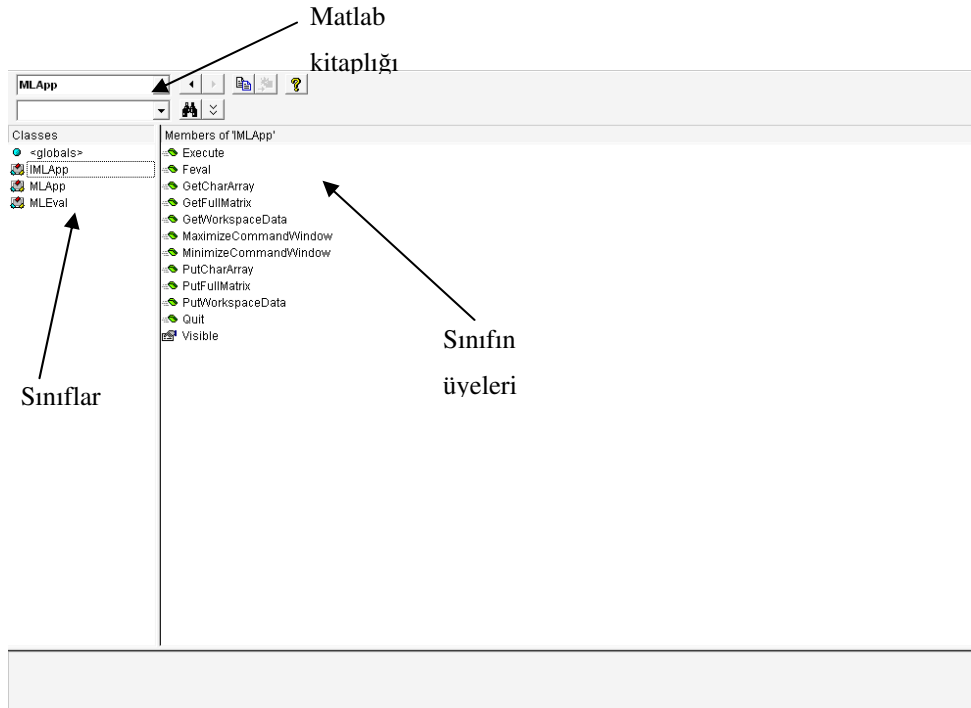


Şekil 4.2.4.1. Matlab kitaplığının eklenmesi

Eklenen kitaplıkla birlikte mühendislik yazılımını BuMaMİT arayüzü vasıtasıyla kontrol edebilmek için aşağıdaki kodun da derleyicinin “Code Editor” bölümüne girilmesi gerekmektedir.

Public Matlab As New MApp.MApp

Eklenen mühendislik yazılım kitaplığının sınıflarını ve bunların alt üyelerini görebilmek için “Object Browser” bölümü kullanılmaktadır (Şekil 4.2.4.2).



Şekil 4.2.4.2. Object Browser mühendislik yazılımı kitaplığı

BÖLÜM 5

ÖRNEK UYGULAMALAR

Geliştirilen yazılım için üç adet örnek uygulama belirlenmiştir. Müşteri istekli bisiklet kadro tasarımı uygulamasında; müşteri mevcut bir kadro modelini, kendi isteği doğrultusunda BuMaMİT arayüzünü kullanarak, BDT yazılımında tekrar modelleyebilmektedir. Müşteri bisiklet seçiminde göz önünde bulundurduğu ölçütleri kendi arzularına göre belirleyerek mevcut modelin yeni şeklini almasını gerçekleştirebilmektedir. İkinci örnek uygulamada; müşteri istekli bisiklet gövde tasarımı emniyet faktörünü, bulanık mantık ve Taguchi yaklaşımlarıyla belirleyerek elde edilen deney sonuçlarının, hangi ölçütün ne kadar kadro gerilmesine etki ettiği hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda belirlenen ölçütlere göre BuMaMİT arayüzünde bulanık mantık sistemi oluşturularak müşterinin isteği doğrultusunda yeni şeklini almış kadronun sağlamlığı belirlenmiştir. Son örnek uygulamada; müşteri BuMaMİT arayüzünü kullanarak kendi istekleri doğrultusunda belirlediği ölçütlere göre ilgili BDT yazılımında tükenmez kalem montajını gerçekleştirmiştir

5.1. MÜŞTERİ İSTEKLİ BİSİKLET KADRO TASARIM UYGULAMASI

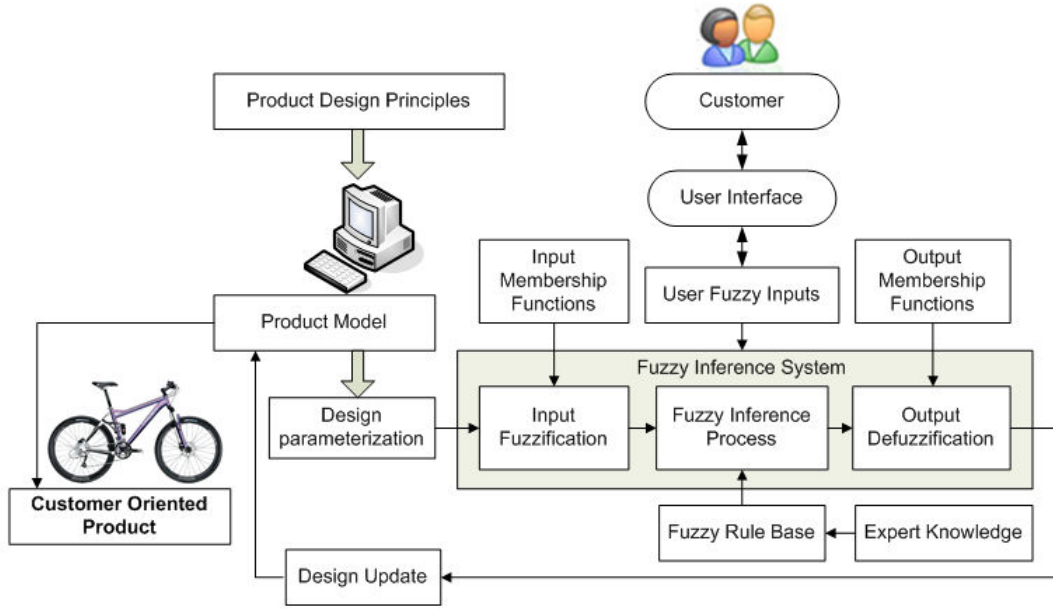
Müşteriler günümüzde kendilerine uygun ürünleri piyasada mevcut bulunan ürünlerin içinden belirlemede çeşitli zorluklarla karşı karşıya kalmaktadırlar. Müşteriler belirli ürün grupları içerisinde kendilerine en uygun olanını seçme durumunda bırakılmışlardır. Bu durum firma için müşteri memnuniyetini yakalamada sıkıntı çıkarabilmektedir.

Aşağıdaki uygulamada bu durumun çözümü BuMaMİT program arayüzü kullanılarak daha tasarım sürecinde müşterinin isteklerini tasarıma dahil etmek ve bu noktada yeni bir ürün oluşturmak şeklinde gerçekleştirilmiştir.

5.1.1. Anahat

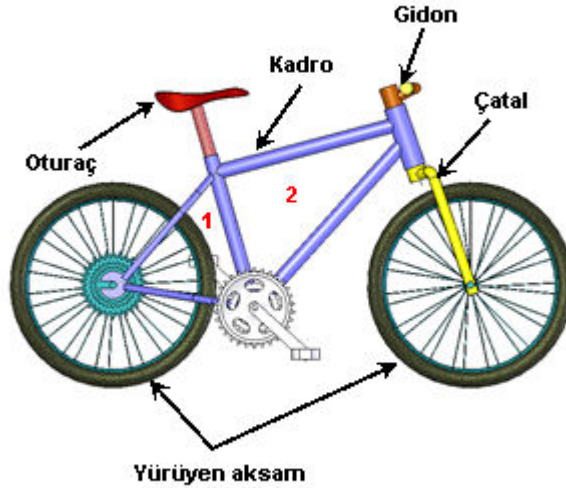
Örnek uygulama olarak bisiklet kadrosu seçilmiştir. Piyasada pek çok bisiklet model alternatiflerinin bulunması ve geniş yaş kitlesine hitap etmesi bisiklet kadrosunun seçiminde belirleyici olmuştur.

Oluşturulan sistemin yapısına bakıldığında (Şekil 5.1.1.1), öncelikle BDT ortamında modellenen kadro geometrisinin tasarım parametreleri elde edilmiştir. Sonra bu parametreler BuMaMİT arayüzünde çıkış değişkenleri olarak tanımlanmıştır. Müşterinin bisiklet seçiminde göz önünde bulundurduğu ölçütlerde geliştirilen arayüze girildikten sonra bulanıklaştırma ve durulama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler sonucu bulunan değerler BDT programının tasarım tablosuna kaydedilerek mevcut modelin yeni şeklini almasına olanak tanımıştır.



Şekil 5.1.1.1. Oluşturulan sistemin yapısı (Göloğlu ve Mızrak, 2008)

Bisikletler kadro, oturak, gidon, çatal ve yürüyen aksam (tekerlekler) olmak üzere beş ana bölümden oluşmaktadır (Şekil 5.1.1.2). Bunların içinde en önemlisi şüphesiz bütün parçaların üzerine montajlandığı gövdesi diğer adıyla kadrosudur. Kadrolar temelde iki adet üçgenden meydana gelmişlerdir (Şekil 5.1.1.2).



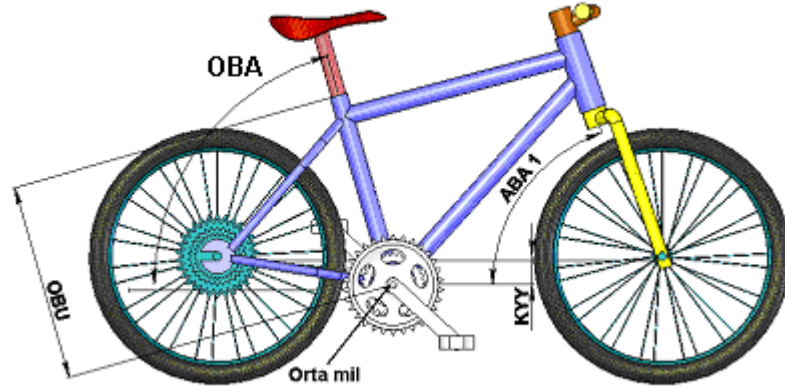
Şekil 5.1.1.2. Bisikletin ana parçaları

Bisiklet üzerinde iken bisiklet kadrosuna belirli bir yük binmektedir. Hareketsiz dururken bu yük sadece yukarıdan aşağıya etki eden ağırlıktan ibaret olmasına rağmen bisiklet kullanımında pedalın hareketleriyle yanıl kuvvetler de ek olarak

kadronun üzerine etki etmektedir. Bu kuvvetler kişinin ağırlığına, ayakta pedal çevirip çevirmediğine, o sırada bir virajda yatıp yatmadığına, zeminin düzlüğüne vb. göre azalmakta veya artmaktadır. İki ana üçgenden oluşan bu kadro tasarımı, kadronun bu kuvvetlere karşı koyduğu en dayanıklı tasarım olarak kabul görmüş ve seçilmiştir.

5.1.2. Kadronun Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi

Kadro geometrisinin parametre değerleri; boruların uzunluğu, açıları, kadronun üzerindeki sürücü duruşunu ve kadronun kullanım özelliklerini belirleyen en önemli etmenleridir (Şekil 5.1.2.1). Kadronun parametre değerleri Çizelge 5.1.2.1’ de verilmiştir.



Şekil 5.1.2.1. Kadronun parametreleri

Çizelge 5.1.2.1 Kadro parametrelerinin açıklaması

OBU	Oturma Borusu Uzunluğu
ABA	Alın Borusu Açısı
OBA	Oturma Boru Açısı
KYY	Kadronun (Orta Milin) Yerden Yüksekliği

OBU: Oturma Borusu Uzunluğu

Oturma borusunun uzunluğu kadro büyüklüğünü tanımlayan ölçüdür. Bu ölçü orta mil (Şekil 5.1.2.1) merkezinden borunun üst kenarına kadar olan mesafedir. Oturma

borusu uzun olduğu zaman kadronun ağırlık merkezi yükseleceğinden denge ve manevra kayıplarına yol açabilmektedir. Diğer taraftan hızın önemli olduğu yerlerde uzun olması daha çok tercih sebepleri arasında gösterilmektedir.

ABA: Alın Borusu Açısı

Bisiklet kullanımında en önemli ölçülerden birisi alın borusu açısıdır. Kadronun çevikliğini, dönüş ve manevra kabiliyetini ve düz gidişte konfor ile dengesini etkilemektedir. Alın borusu açısının düşük olduğu durumda ön tekerleğın öne doğru itilmesine neden olmaktadır. Buda Kadronun dengesinin düzeltilmesine ve kadro boyunun uzamasına yol açmaktadır. Tepe inişı gibi dengenin önemli olduğu koşullarda bu açı düşük seçilmelidir. Açının yükseldiği durumlarda ise Kadronun manevra kabiliyeti iyileşirken kısalan kadro boyunun yüksek hızlardaki kontrolü de o oranda güçleşmektedir.

OBA : Oturma Boru Açısı

Arka boru açısı sürücünün ağırlığını bisiklete dağıtılma şeklini belirlemektedir. Açının düşük olması halinde ağırlık arkaya doğru kayacağından yokuş iniş gibi dengenin önemli olduğu yerlerde güvenli bir sürüş sağlamaktadır. Ama yokuş çıkış gibi yerlerde açının düşük olması daha fazla güç kaybına neden olmaktadır.

KYY Orta Milin Yerden Yüksekliğı

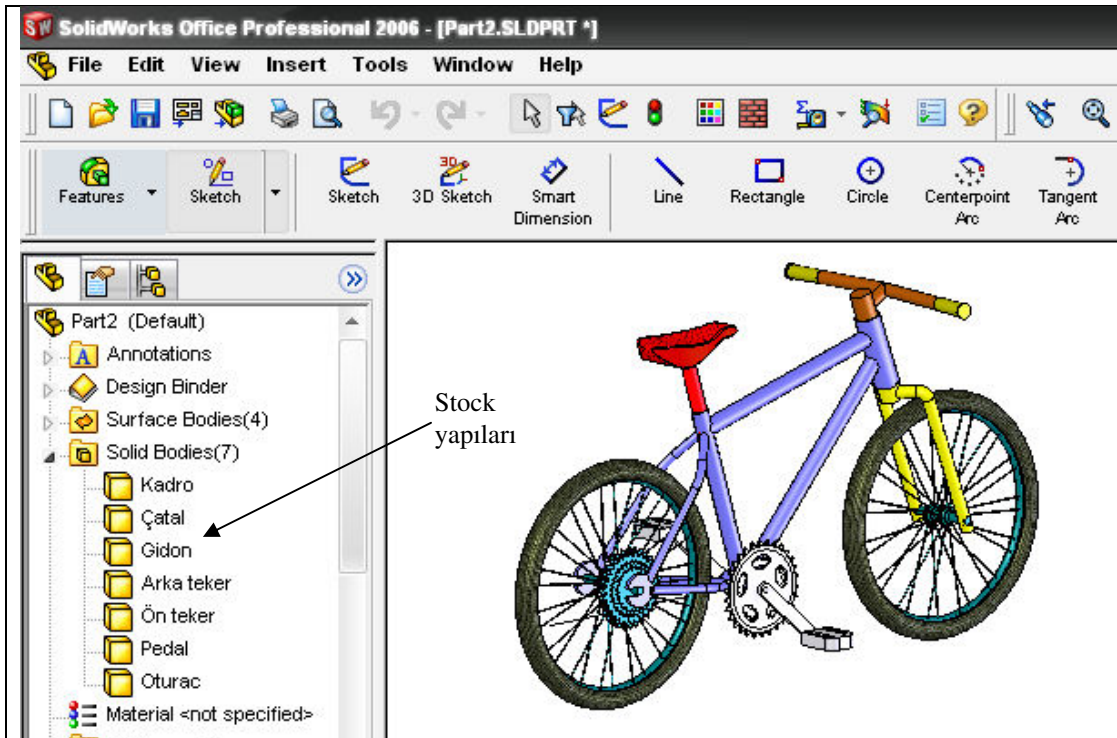
Orta milin yerden yüksekliğı arazi koşullarında Kadronun en alt noktasının engellere değmemesini belirlemektedir. Diğer taraftan bu mesafenin artması ağırlık merkezini yukarıya taşıyacağından dengeli sürüşlerde olumsuz bir etki bırakmasına neden olacaktır.

Bisiklet için gerekli parametre değerleri belirlendikten sonra sıra örnek bir kadro kataloğı içinden bir adet örnek model belirlemeye gelmiştir. Bu aşamada Çizelge 5.1.2.2'in içinden LGS-RSS modelinin 1 nolu alternatifi seçilmiştir. Bu model örnek model olması nedeniyle tamamen gelişigüzel belirlenmiştir.

Çizelge 5.1.2.2. Kadro geometrisi (Louis Garneau, 2007)

		OBU	ABA	OBA	ÜBU	KYY
LGS-RSS	1	450	71°	74°	521	65
	2	490	72°	74°	535	65
	3	520	72.5°	73.5°	550	68
LGS-RC10	1	450	71°	74°	521	65
	2	490	72°	74°	535	65
	3	520	72.5°	73.5°	550	68
LGS-RC20	1	430	71.5°	74.5°	526	68
	2	460	72°	73.5°	545	68
LGS-RSS	2	470	70.5°	73.5°	531	45
	2	470	70°	72°	543	45
LGS-TR2	1	420	70°	72°	543	45
	2	470	70°	72°	558	45
E-COM2	1	420	70.5°	74°	534	50
	2	475	70.5°	74°	555	50

Belirlenen kadro ölçüleri yardımıyla kadro BDT programında ilgili yöntemler kullanılarak modellenmiştir (Şekil 5.1.2.3). Modellenen bisikletin montajlanabilmesi için ayrı ayrı “stock” yapıları (Şekil 5.1.2.3) şeklinde kaydedilerek daha sonradan montaj dosyasında çağrılıp tekrardan bir araya getirilmesi gerekmektedir.



Şekil 5.1.2.3. BDT programında tasarlanan bisiklet modeli

5.1.3. Kadronun BuMaMİT Program Arayüzünde Gerekli Ayarlarının Yapılması

Kadronun üzerinde bulanık mantık operasyonu gerçekleştirmek için önce bu kadronun parametre değerlerine etki eden giriş değişkenleri belirlenmelidir. Çıkış değişkenleri, üzerinde optimizasyon işleminin yapılacağı parametre değerleri olarak atandıktan sonra sıra bu değişkenlere ait değer aralıklarının ve bunların üyelik fonksiyonlarının belirlenmesine gelmiştir. Bu noktadan sonra her bir parametre değerine, ona etki eden giriş değişkenleri atanarak ilgili kurallar bütünüünün oluşturulması gerekmektedir.

Bisikletler kullanım amacı, kullanım ortamı ve kullanım tarzı gibi kriterlere göre tasarlanıp modellenmektedirler. Kullanım amacında; arazi, hız, gezinti, serbest sürüş gibi özellikler dikkate alınırken, kullanım ortamında; yağış durumu ve arazinin engebeliği gibi etmenler ön plana çıkmaktadır. Kullanım tarzında ise sportif ve kontrollü olması daha çok belirleyici olmaktadır. Bu sayılan kriterlerden doğrudan kadro tasarımına etki eden etmenler; kullanım amacına göre arazi, hız, gezinti serbest sürüş, kullanım ortamına göre yağış durumu ve arazinin engebeliği etmenleri olarak belirlenmiştir. Sportif ve kontrol etmenleri kadrodan çok gidon ve gidon açısıyla ilgili olduğundan hesaplamalara dahil edilmemişlerdir.

Sisteme etki eden giriş değişkenleri arazi, hız, gezinti, serbest sürüş, yağış durumu, arazinin engebeliği olmak üzere altı adet olarak belirlenmiştir. Değişkenler belirlendikten sonra her bir değişkene değer aralığı atanması gerekmektedir. Bu çalışmada her bir giriş ve çıkış değişkeninin değer aralık sayısı eşit olarak kabul edilmiş ve bu değer aralıkları da çok düşük, düşük, normal, yüksek, çok yüksek olarak belirlenmiştir.

Belirlenen değer aralıklarının tanımlanabilmesi için her birinin üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmada her bir değişkenin değer aralıklarının üyelik fonksiyonları üçgen tip üyelik fonksiyonu olarak belirlenmiş ve aralıklar alt ve üst sınırlar dahilinde eşit dağıtılmışlardır (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.1.3.1. Giriş değişkenlerinin çıkış değişkenlerine etkisi

Aralık	Derece	OBU Çıkış Değişkenine Etkisi
0, 0.125	Çok Düşük	Eğer arazi giriş değişkeni çok yüksek ve hız giriş değişkeni çok yüksek ve gezinti çok yüksek ve serbest sürüş çok düşük ise OBU çıkış değişkeni çok yüksek olmak zorundadır (550, 572.5).
0.25, 0.375	Düşük	Eğer arazi giriş değişkeni yüksek ve hız giriş değişkeni yüksek ve gezinti yüksek ve serbest sürüş düşük ise OBU çıkış değişkeni yüksek olmak zorundadır (505, 527.5).
0.5, 0.625	Normal	Eğer arazi giriş değişkeni normal ve hız giriş değişkeni normal ve gezinti normal ve serbest sürüş normal ise OBU çıkış değişkeni normal olmak zorundadır (460, 482.5).
0.75, 0.875	Yüksek	Eğer arazi giriş değişkeni düşük ve hız giriş değişkeni düşük ve gezinti düşük ve serbest sürüş yüksek ise OBU çıkış değişkeni düşük olmak zorundadır (415, 437.5).
1, 1.125	Çok Yüksek	Eğer arazi giriş değişkeni çok düşük ve hız giriş değişkeni çok düşük ve gezinti çok düşük ve serbest sürüş çok yüksek ise OBU çıkış değişkeni çok düşük olmak zorundadır (370, 392.5).
Aralık	Derece	OBA Çıkış Değişkenine Etkisi
0, 0.125	Çok Düşük	Eğer arazi giriş değişkeni çok yüksek ve hız giriş değişkeni çok yüksek ve gezinti çok yüksek ve serbest sürüş çok düşük ise OBA çıkış değişkeni çok yüksek olmak zorundadır (76, 77).
0.25, 0.375	Düşük	Eğer arazi giriş değişkeni yüksek ve hız giriş değişkeni yüksek ve gezinti yüksek ve serbest sürüş düşük ise OBA çıkış değişkeni yüksek olmak zorundadır (74, 75).
0.5, 0.625	Normal	Eğer arazi giriş değişkeni normal ve hız giriş değişkeni normal ve gezinti normal ve serbest sürüş normal ise OBA çıkış değişkeni normal olmak zorundadır (72, 73).
0.75, 0.875	Yüksek	Eğer arazi giriş değişkeni düşük ve hız giriş değişkeni düşük ve gezinti düşük ve serbest sürüş yüksek ise OBA çıkış değişkeni düşük olmak zorundadır (70, 71).
1, 1.125	Çok Yüksek	Eğer arazi giriş değişkeni çok düşük ve hız giriş değişkeni çok düşük ve gezinti çok düşük ve serbest sürüş çok yüksek ise OBA çıkış değişkeni çok düşük olmak zorundadır (68, 69).

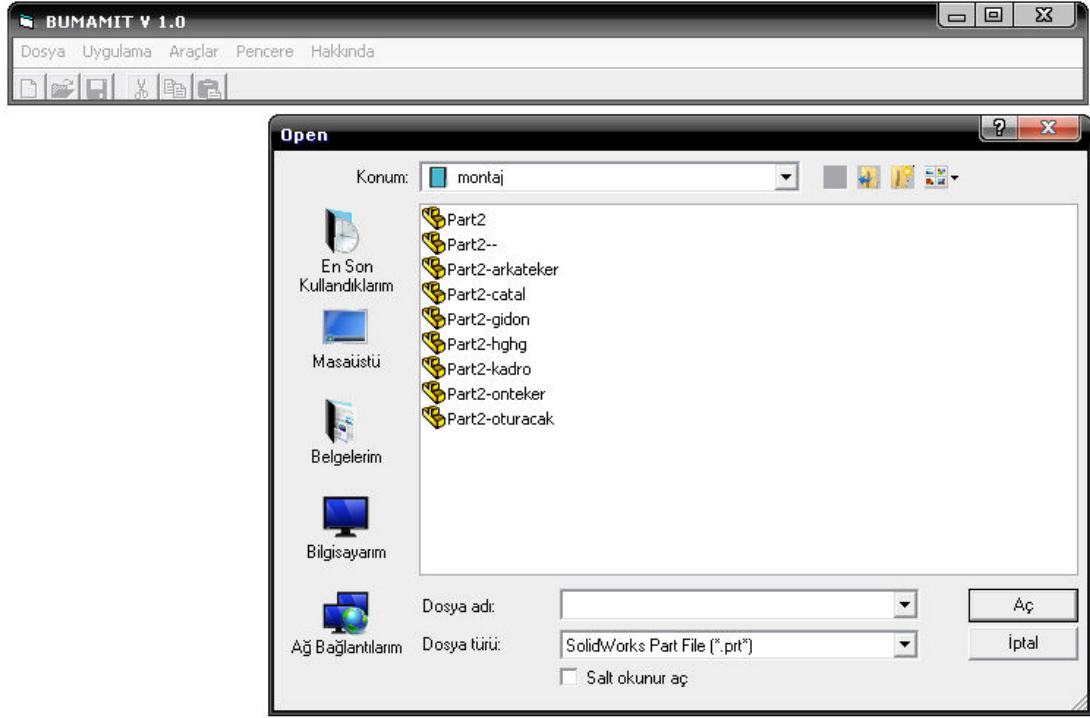
Çizelge 5.1.3.1. Giriş değişkenlerinin çıkış değişkenlerine etkisi (devam ediyor)

Aralık	Derece	KYY Çıkış Değişkenine Etkisi
0, 0.125	Çok Düşük	Eğer arazi giriş değişkeni çok yüksek ve hız giriş değişkeni çok yüksek ve gezinti çok yüksek ve arazinin engebelik durumu çok yüksek ve serbest sürüş çok düşük ve yağış durumu çok düşük ise KYY çıkış değişkeni çok düşük olmak zorundadır (5, 13.125).
0.25, 0.375	Düşük	Eğer arazi giriş değişkeni yüksek ve hız giriş değişkeni yüksek ve gezinti yüksek ve arazinin engebelik durumu yüksek ve serbest sürüş düşük ve yağış durumu düşük ise KYY çıkış değişkeni düşük olmak zorundadır (21.25, 29.375).
0.5, 0.625	Normal	Eğer arazi giriş değişkeni normal ve hız giriş değişkeni normal ve gezinti normal ve arazinin engebelik durumu normal ve serbest sürüş normal ve yağış durumu normal ise KYY çıkış değişkeni normal olmak zorundadır (37.5, 45.625).
0.75, 0.875	Yüksek	Eğer arazi giriş değişkeni düşük ve hız giriş değişkeni düşük ve gezinti düşük ve arazinin engebelik durumu düşük ve serbest sürüş yüksek ve yağış durumu yüksek ise KYY çıkış değişkeni yüksek olmak zorundadır (53.75, 61.875).
1, 1.125	Çok Yüksek	Eğer arazi giriş değişkeni çok düşük ve hız giriş çok değişkeni çok düşük ve gezinti çok düşük ve arazinin engebelik durumu çok düşük ve serbest sürüş çok yüksek ve yağış durumu çok yüksek ise KYY çıkış değişkeni çok yüksek olmak zorundadır (70, 78.125).

Çizelge 5.1.3.1. Giriş değişkenlerinin çıkış değişkenlerine etkisi (devam ediyor)

Aralık	Derece	ABA Çıkış Değişkenine Etkisi
0, 0.125	Çok Düşük	Eğer arazi giriş değişkeni çok yüksek ve hız giriş değişkeni çok yüksek ve gezinti çok yüksek ve yağış durumu çok yüksek ve serbest sürüş çok düşük ise ABA çıkış değişkeni çok yüksek olmak zorundadır (73, 73.5).
0.25, 0.375	Düşük	Eğer arazi giriş değişkeni yüksek ve hız giriş değişkeni yüksek ve gezinti yüksek ve yağış durumu yüksek ve serbest sürüş düşük ise ABA çıkış değişkeni yüksek olmak zorundadır (72, 72.5).
0.5, 0.625	Normal	Eğer arazi giriş değişkeni normal ve hız giriş değişkeni normal ve gezinti normal ve yağış durumu normal ve serbest sürüş normal ise ABA çıkış değişkeni normal olmak zorundadır (71, 71.5).
0.75, 0.875	Yüksek	Eğer arazi giriş değişkeni düşük ve hız giriş değişkeni düşük ve gezinti düşük ve yağış durumu düşük ve serbest sürüş yüksek ise ABA çıkış değişkeni düşük olmak zorundadır (70, 70.5).
1, 1.125	Çok Yüksek	Eğer arazi giriş değişkeni çok düşük ve hız giriş değişkeni çok düşük ve gezinti çok düşük ve yağış durumu çok düşük ve serbest sürüş çok yüksek ise ABA çıkış değişkeni çok düşük olmak zorundadır (69, 69.5).

Bu tanımlamaların uzman kişi tarafından belirlenmesinden sonra, BuMaMİT arayüzü çalıştırılarak bisiklet tasarımının parametrelerinin sisteme yüklenmesi gerekmektedir. Bunun için öncelikle tasarım dosyasının yüklenmesi gerçekleştirilecektir (Şekil 5.1.3.1).



Şekil 5.1.3.1. Tasarım dosyasının BuMaMİT program arayüzü vasıtasıyla açılması

BuMaMİT tarafından açılan BDT programının tasarım dosyasının içinde bulunan tasarım tablosundan alınan tasarım parametreleri program veritabanına kaydedilerek buradan Otomatik Giriş penceresinde “Tasarım Parametreleri” bölümünde gruplandırılmaktadır. Bu aşamadan sonra uzman, önceden belirlediği giriş değişkenleri ve değer aralıklarını Otomatik Giriş penceresinde ilgili oldukları yerlere girer ve “Onayla” düğmesiyle verilerin sistem veritabanına kaydedilmesini sağlar (Şekil 5.1.3.2).

Şekil 5.1.3.2. BuMaMİT arayüzü Otomatik Giriş penceresi

Çıkış değişkenlerinin alt ve üst sınır değerleri Çizelge 5.1.3.2’ de verilen örnek katalogtan elde edilerek belirlenmiştir (Çizelge 5.1.2.2). Katalogta toplamda 71 adet model bulunmaktadır. Çalışmada bu modellerden yetişkinler için kullanılan 46 tanesi seçilmiş ve bunlarında 115 adet alt model alternatiflerinin en düşük ve en yüksek değerleri ilgili parametrenin alt ve üst sınır değerleri olarak sisteme girilmiştir. Örneğin OBU parametresi için alt sınır değeri, 115 adet tasarım alternatiflerinin içinden en küçük değer olan 370 olarak, üst sınır değeri ise en büyük değer olan 550 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5.1.3.2. Çıkış değişkenlerinin alt ve üst sınır değerleri

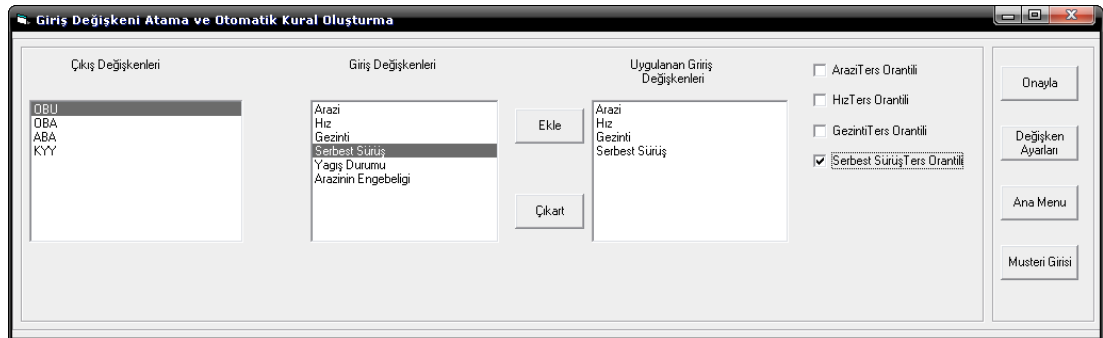
Çıkış Değişkenleri	Alt	Üst
OBU (mm)	370	550
ABA (derece)	69	73
OBA (derece)	68	76
KYY (mm)	5	70

Belirlenen giriş değişkenlerinden hepsi sadece KYY çıkış değişkenine etki ederken giriş değişkenlerinin diğer çıkış değişkenlerine etkisi Çizelge 5.1.3.3’de verilmiştir.

Çizelge 5.1.3.3. Giriş değişken ataması

	Arazi (Dağ)	Hız	Gezinti	Serbest Sürüş (Akrobasi, yokuş iniş amaçlar)	Yağış Durumu	Arazinin Engebelik Durumu (Çıkıntı, kaya)
OBU	x	x	x	x		
ABA	x	x	x	x	x	
OBA	x	x	x	x		
KYY	x	x	x	x	x	x

Her bir çıkış değişkenine program arayüzünde giriş değişken atamasının yapılabilmesi için Otomatik Giriş bölümünde “Kural Oluştur” düğmesi tıklanarak Kural Girişi penceresinin getirilmesi gerekmektedir (Şekil 5.1.3.3).



Şekil 5.1.3.3. Otomatik Kural Giriş penceresi

Şekil 5.1.3.3’de OBU çıkış parametresine kendisine etki eden (Çizelge 5.1.3.3) giriş değişkenlerinin ataması yapılmıştır. Bunlardan Serbest Sürüş giriş değişkeni çıkış değişkenine ters orantılı olarak etki ettiğinden bu değişkenin Kural Girişi penceresinde ters orantılı şekilde belirlenmesi gerekmektedir (Şekil 5.1.3.3).

Bu aşamadan sonra “Onayla” düğmesi ile otomatik kuralların oluşturulması gerçekleştirilecektir.

Sistemde toplam altı adet giriş değişkeni, bu giriş değişkenlerinin etki ettiği toplam dört adet çıkış değişkeni ve her bir değişkenin beşer adet değer aralığı bulunmaktadır. Bir adet çıkış değişkenine uygulanması gereken kural sayısı; (14) numaralı denklemde verilmiştir. Örneğin KYY çıkış değişkeninin toplam altı adet giriş değişkeni ve giriş değişkenlerinin her birinin beşer adet değer aralığı mevcuttur. Bu çıkış değişkenine uygulanması gereken toplam kural sayısı $5^6 = 15,625$ adet olmalıdır.

$$\text{Kural Sayısı} = K \quad (11)$$

$$\text{Giriş Değişken Sayısı} = G_d \quad (12)$$

$$\text{Değer Aralık Sayısı} = D_a \quad (13)$$

$$K = D_a^{G_d} \quad (14)$$

Aşağıda KYY çıkış değişkeni için BuMaMİT arayüzünün oluşturduğu kurallardan bazıları verilmiştir.

Kural No1:

Eğer Arazi giriş değişkeni Çok Yüksek ve Hız giriş değişkeni Çok Yüksek ve Gezinti Çok Yüksek ve Serbest Süriş Çok Düşük ve Yağış Durumu Çok Düşük ve Arazinin Engebeliği Çok Yüksek ise KYY çıkış değişkeni Çok Düşük olmak zorundadır.

Kural No 5117:

Eğer Arazi giriş değişkeni Yüksek ve Hız giriş değişkeni Düşük ve Gezinti Çok Yüksek ve Serbest Süriş Çok Yüksek ve Yağış Durumu Yüksek ve Arazinin Engebeliği Yüksek ve ise KYY çıkış değişkeni Normal olmak zorundadır.

Kural No 7677:

Eğer Arazi giriş değişkeni Normal ve Hız giriş değişkeni Normal ve Gezinti Yüksek ve Serbest Süriş Normal ve Yağış Durumu Çok Düşük ve Arazinin Engebeliği Yüksek ve ise KYY çıkış değişkeni Düşük olmak zorundadır.

Kural No 15625:

Eğer Arazi giriş değişkeni Çok Düşük ve Hız giriş değişkeni Çok Düşük ve Gezinti Çok Düşük ve Serbest Sürüş Çok Yüksek ve Yağış Durumu Çok Yüksek ve Arazinin Engebeliği Çok Düşük ve ise KYY çıkış değişkeni Çok Yüksek olmak zorundadır.

Otomatik kuralların oluşturulmasını sağlayan Pseudocode aşağıda verilmiştir.

```
For Değişken Miktarı = 1 to Toplam Girişken Sayısı  
For Tekrar Üst Sınırı= Değer Sayısı ^ (Girişken Sayısı-1) to 1 Step -1  
For Değer Aralık Sayısı = 1 to Toplam Değer Aralık Sayısı  
For Tekrar Alt Sınırı= 1 to Değer Sayısı ^ (Girişken Sayısı-1)  
If Giriş Değişken = Çıkış Değişken İle Ters Orantı Then  
Kural=Toplam Değer Aralık Sayısı+1- Değer Aralık Sayısı  
Else  
Kural= Değer Aralık Sayısı  
End If  
End For  
End For  
End For  
End For
```

Kadronun uzman kişi tarafından bulanık mantık ayarlamalarının tamamlanmasından sonra müşteri, kendisi için ayrılmış bölümde giriş değişken değerlerini kendi isteği doğrultusunda belirlemesi gerekmektedir. Bu işlemin akabinde "Uygula" düğmesine tıklayarak isteklerinin sisteme onaylatması gerekmektedir (Şekil 5.1.3.4). Müşteri örnek uygulamada kayan çubukları kullanarak sisteme Arazi için 845, Hız için 302, Gezinti için 1528, Serbest Sürüş için 996, Yağış Durumu için 453 ve Arazinin Engebeliği için 1408 değerlerini girmiştir. Bu andan itibaren BuMaMİT arayüzü mühendislik yazılımına bağlanarak, bulanık mantık hesaplamalarını başlatır. Hesaplamalar sonucunda bulunan değerler çıkış değişkenlerinin diğer adıyla tasarım parametrelerinin yeni değerleri, ilgili arayüz sayesinde müşteriye gösterilmektedir. Bu yeni parametre değerleri "Kaydet" düğmesi ile müşterinin isim ve soy isminden oluşan klasör meydana getirilerek gerekli ayarlamaların bulunduğu dosyanın bu klasörün adına kaydedilmesi ile elde edilmiş olmaktadır. Ayrıca mevcut bulunan sonuç dosyaları da "Sonuç Yükle" düğmesi kullanılarak sisteme yüklenebilmektedir.

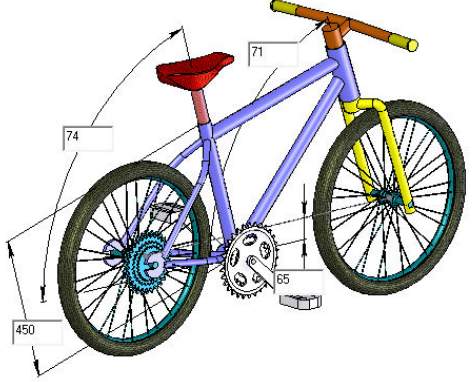
Müşteri Giriş

Müşteri Odaklı Kadro Tasarımı

Arazi Çok Düşük Çok Yüksek
Hız Çok Düşük Çok Yüksek
Gezinti Çok Düşük Çok Yüksek
Serbest Sürüş Çok Düşük Çok Yüksek
Yağış Durumu Çok Düşük Çok Yüksek
Arazinin Enerjeliği Çok Düşük Çok Yüksek

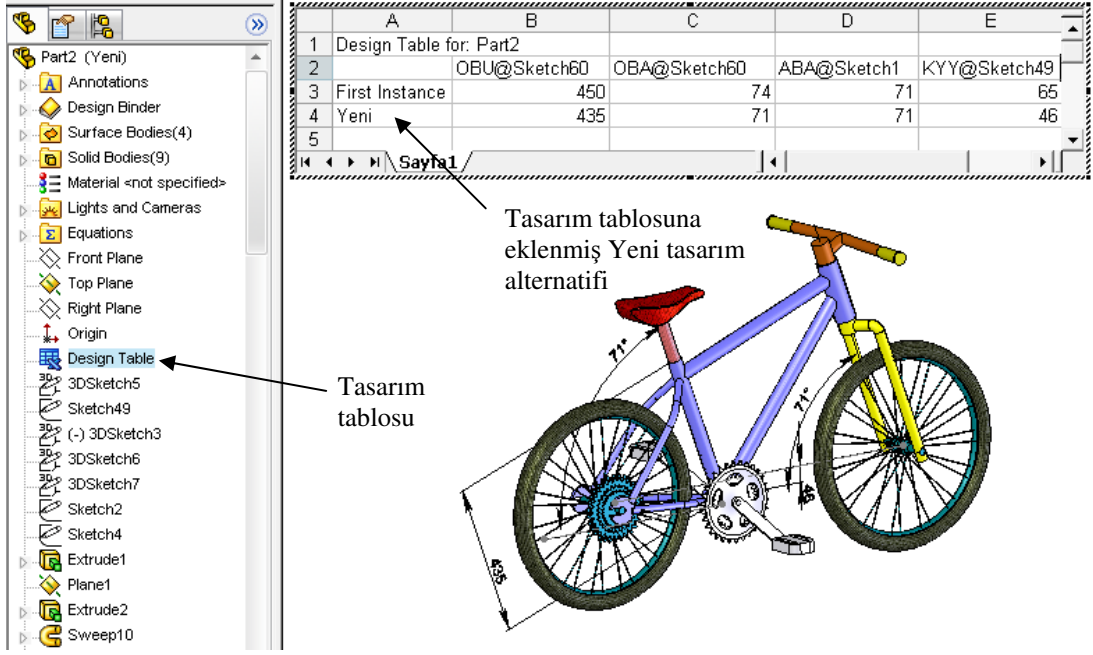
Lütfen seçimlerinizi onaylamak için "Uygula" butonuna tıklayın

Müşteri Detayları
Ad Soyad
Kaydet Yükle



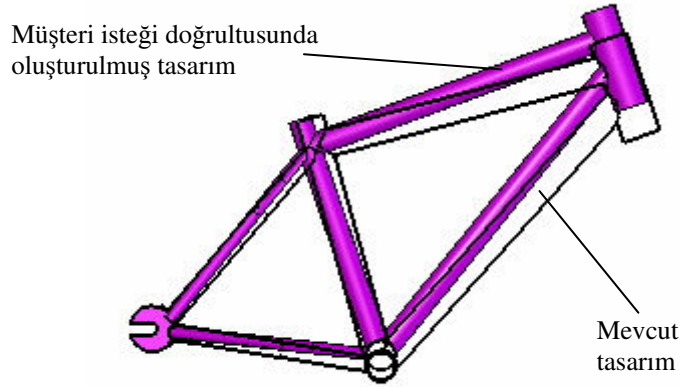
Şekil 5.1.3.4. Müşteri Giriş penceresi

Müşteri isteklerinin sisteme girilip sonuçlarının elde edilmesinden sonra, bu sonuç değerlerinin BDT programına entegre edilmesi gerekmektedir (Şekil 5.1.3.5). Uzman kişi ilgili programın kendisi için ayrılmış bölümünü kullanarak yeni tasarım parametre değerlerinin, tasarım alternatifi olarak BDT programının bir parametrik tasarım unsuru olan tasarım tablosuna “Yeni” ifadesiyle kaydedilmesini sağlar.



Şekil 5.1.3.5. Yeni parametre değerlerinin tasarıma eklenmesi

Mevcut kadro tasarımıyla müşteri isteğine göre oluşturulmuş tasarımın karşılaştırılması Şekil 5.1.3.6 da verilmiştir.



Şekil 5.1.3.6. Mevcut tasarımla müşteri isteği doğrultusunda oluşturulmuş tasarımın farkı

Çalışmada müşteri isteklerini bulanık mantık aracını kullanarak tasarıma dahil edebilmek, örnek bir bisiklet kadro tasarımı yapılandırdıktan sonra denendi. Bunu yaparken önce kadro tasarımı için gerekli olan ölçüsel değerler belirlenmiş ve bu belirlenen değerlerle örnek bir bisiklet modeli oluşturulmuştur. Bu aşamadan sonra kadro tasarımına etki eden etmenler bulanık mantık aracı için giriş değişkenleri olarak atanmıştır. Tasarım parametrelerinin de bulanık mantık aracına çıkış değişkenleri olarak tanıtılmasından sonra, bu değişkenlere uygun değer aralıkları seçilmiştir.

Bulanık mantık ayarlamaları sonucunda, müşterinin kendisi için ayrılmış bölüm aktif hale gelerek, giriş değişkenlerini kendi isteğine göre değiştirmesi sağlanmıştır. Müşteri onayı sonrası bulanıklaştırma süreci aktif hale gelerek optimizasyon işlemi gerçekleştirilmiş ve yeni hesaplanan değerler gelişmiş üç boyutlu BDT programının tasarım tablosu adı verilen parametre dosyasına kaydedilmiştir.

5.2. EMNİYET FAKTÖRÜNÜ BULANIK MANTIK VE TAGUCHİ YAKLAŞIMLARIYLA BELİRLEME

Müşteri istekli bisiklet tasarımında gövde tasarımı ve analizi gelişmiş BDT ve Bilgisayar Destekli Analiz (BDA) programlarında gerçekleştirilebilmektedir. Bu programlar tamamen mühendislik bilgisi ve tecrübesi gerektirdiğinden bu alanlarda uzman olmayan müşterilerin tasarıma ve bu yapılan tasarımın analizine katkısı sınırlı olmaktadır. Bu bölümde müşteri isteği doğrultusunda oluşturulmuş bisiklet gövde tasarımının, müşterinin fiziki özelliklerinden yararlanmak şartıyla, kendi kişisel kullanım amacı ve şekline göre belirlenecek kriterler sonucunda gövde sağlamlığı konusunda bilgilendirilmesi amaçlanmıştır.

5.2.1. Anahat

Müşteriler ürün seçerken kendisinin ihtiyaçlarını karşılayabilecek hem fiyat bakımından, hem de işleyiş ve sağlamlık bakımından kendisine en uygununu aramaya çalışmaktadırlar. Bu noktada müşteri ürün üzerinde hem çok sağlam hem de iyi fiyat kavramlarının ikisini birlikte bulmada sıkıntı çekmektedir. Bunun nedeni malzemelerin kalınlığı arttıkça sağlamlığı artmakta fakat bu kalınlık fazladan malzeme getireceğinden ürünün maliyetini de aynı oranda artırmaya yol açmaktadır. Hal böyle olunca en uygun ihtiyaçlara cevap verecek bisiklet gövdesinin sağlamlık durumunun müşteriye bildirilmesi ve müşteriye tatmin etmesi gerekmektedir.

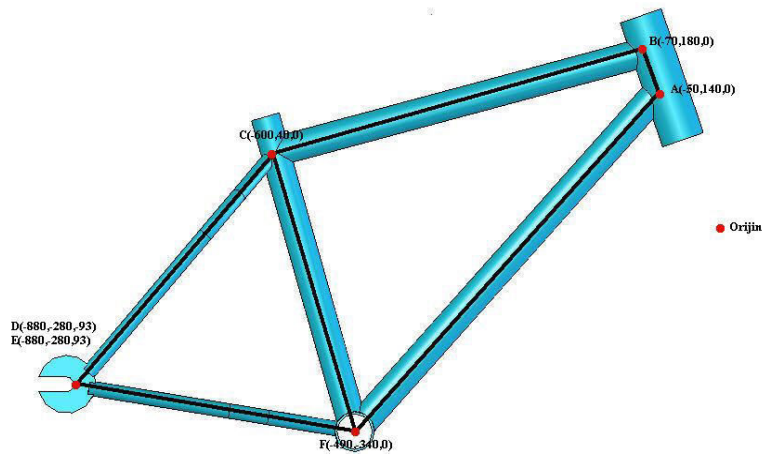
Çalışmada ilk olarak müşterinin kendi isteklerine göre belirlediği bisiklet gövde geometrisinin kartezyen koordinatları elde etmek ve bu koordinatlara göre ANSYS programında bisiklet gövde modeli oluşturmak amaçlanmıştır. Oluşturulan bu modele etki eden kuvvetler belirlendikten sonra Taguchi yöntemiyle uygun deney

kombinasyonları çıkartılarak sistemin karakteristik yapısını ve hangi etkenin hangi yüzdelerle etki ettiğinin belirlenmesi hedeflenecektir. Sisteme yüzdeler olarak diğerlerine göre en çok etki eden etmenler BuMaMİT program arayüzüne giriş değişkeni olarak atanarak bu değişkenlere uygun değer aralıkları belirlenecek ve bulanık mantık kuralları yine bu deneyler sonucunda elde edilen sonuçlar ışığında yorumlanmak suretiyle elde edilme yoluna gidilecektir. Bulanık sistemin oluşturulmasıyla müşteriye uygun program arayüzü devreye girerek müşterinin kendi isteği doğrultusunda belirleyeceği koşullara göre güvenlik katsayısı hesaplanarak tekrardan müşteriye bulanık ifadelerle bisiklet gövde sağlamlığı aktarılacaktır.

5.2.2. Gövde Modeli Oluşturma

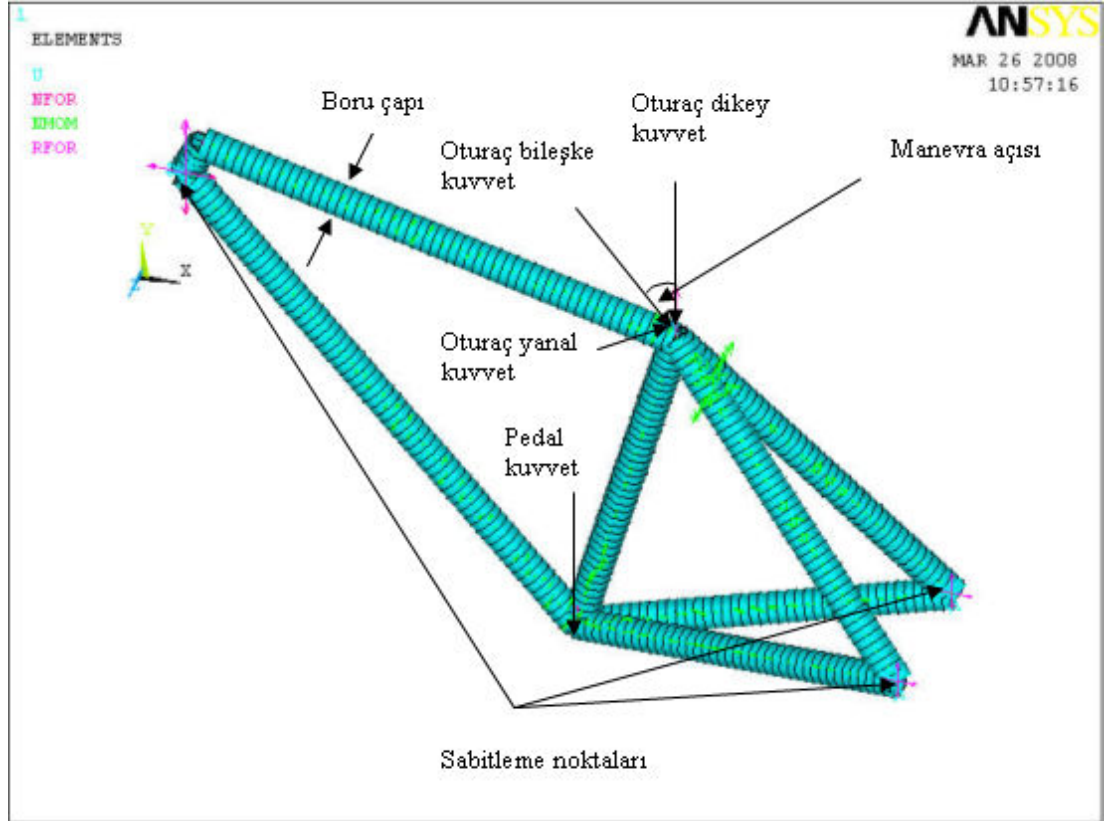
Bisiklet gövdesi diğer ismiyle kadrosu bisikletin diğer parçalarının üzerine montajlandığı en önemli parçasıdır. Ayrıca gövde geometrisi, sürüşün tipini ve şeklini belirlemede kullanılmaktadır. Bu sebeple müşteri istekli bisiklet tasarımında gövdenin tasarımının sonucunda analiz değerlerinin de müşteriye uygun aralıkta olması gerekmektedir.

Müşteri istekleri doğrultusunda önceden oluşturulmuş bisiklet gövde geometrisinin uç noktalarının koordinatları belirli bir orijin noktası temel alınarak belirlenmiştir (Şekil 5.2.2.1).



Şekil 5.2.2.1. Gövde koordinatları (Göloğlu ve Mızrak, 2008b)

Elde edilen bu noktalar ANSYS programında gövde modeli oluşturmak için kullanılmıştır. Element tipi olarak “PIPE 16” element tipi, malzeme olarak ta 5794 Alüminyum alaşımı seçilmiştir (Şekil 5.2.2.2). Alüminyum alaşımının özellikleri : Elastik modülü : 70×10^3 Mpa, Poison oranı: 0.33, Akma gerilmesi : 125 Mpa’dır.



Şekil 5.2.2.2. ANSYS bisiklet gövde modeli, element tipi ve üzerine etki eden kuvvetler (Göloğlu ve Mızrak, 2008b)

Kadroya etki eden dış kuvvetlerin yanı sıra, boru çap değeri ve boru et kalınlıklarının da gerilime etki ettiği bilinmektedir. Bu bölümde boru et kalınlığı sabit tutularak boru çap değerleri değiştirilmek suretiyle analizler gerçekleştirilmiştir.

Gerilime etki eden her bir etkenin belirli bir aralıkta olması gerekmektedir. Aralıkları belirlemede orta yaş grubu dikkate alınarak bisiklete uygulayacakları maksimum ve minimum kuvvetler, ayrıca gövde çap değerinin alabileceği değerler Çizelge 5.2.2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2.2.1. Gerilime etki eden etmenlerin alabileceği maksimum ve minimum değerler (Göloğlu ve Mızrak, 2008)

Giriş Değişkenleri	Min	Max
Boru çapı (mm)	22	40
Pedal kuvveti (N)	200	410
Manevra açısı (°)	0	45
Oturak Dikey Kuvveti (N)	600	1200

5.2.3. Taguchi Yaklaşımı Uygulaması

Bisiklet gövde gerilmesinin karakteristik yapısını öğrenmek için Taguchi yöntemi uygulanmıştır. Taguchi yönteminde gerilime etki eden bu dört adet etken için alt orta ve üst noktaları (Çizelge 5.2.3.1) belirlenmiş, ve orthogonal matrisi bu doğrultuda çıkarılmıştır (Çizelge 5.2.3.2), (Gologlu, C. ve Sakarya, 2008).

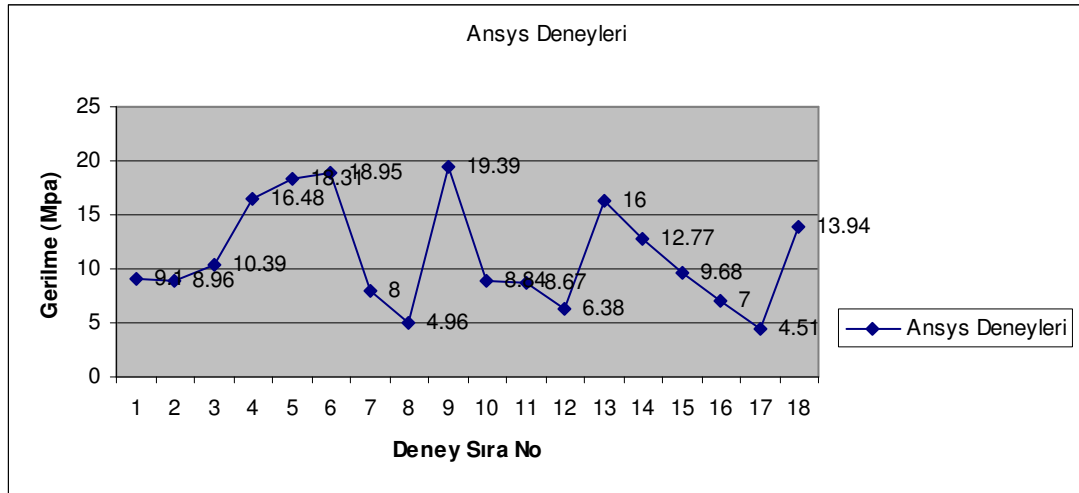
Çizelge 5.2.3.1. Taguchi deney aralıkları (Göloğlu ve Mızrak, 2008b)

	1.değer	2.değer	3.değer	3.değer
Boru çapı (mm) (A)	22	28	34	40
Pedal kuvveti (N) (B)	200	270	340	410
Manevra açısı (°)	0	15	30	45
Oturak dikey kuvveti (N) (D)	600	800	1000	1200

Çizelge 5.2.3.2. Taguchi deney setleri ve sonuçları (Göloğlu ve Mızrak, 2008b)

		Boru Çapı Değeri	Pedal Kuvvet Değeri	Manevra Açısı Değeri	Oturak Dikey Kuvvet Değeri	ANSYS Sonucu
Deney No'su	Kolon 1	Kolon 2	Kolon 3	Kolon 4	Kolon 5	
		A	B	C	D	
1	1	22	200	0.0	600	9.1
2	1	28	270	15.0	800	8.96
3	1	34	340	30.0	1000	10.39
4	1	40	410	45.0	1200	16.48
5	2	22	270	30.0	1200	18.31
6	2	28	200	45.0	1000	18.95
7	2	34	410	0.0	800	8
8	2	40	340	15.0	600	4.96
9	3	22	340	45.0	800	19.39
10	3	28	410	30.0	600	8.84
11	3	34	200	15.0	1200	8.67
12	3	40	270	0.0	1000	6.38
13	4	22	410	15.0	1000	16
14	4	28	340	0.0	1200	12.77
15	4	34	270	45.0	600	9.68
16	4	40	200	30.0	800	7

Orthogonal matris elde edildikten sonra ANSYS programında sırasıyla deneyler yapılmıştır (Şekil 5.2.2.3).



Şekil 5.2.2.3. ANSYS deney sonuçları (Göloğlu ve Mızrak, 2008b)

5.2.4. BuMaMİT Program Arayüzünde Gerekli Ayarların Yapılması

Sisteme etki eden her bir etmen bulanık mantık için bir giriş değişkeni olarak tanımlanması gerekmektedir. Taguchi yöntemi ile her bir etmenin sistemin davranışına farklı yüzdelerde etki ettiği ve yüzdelerinin farklı olduğu tespit edilmiştir. Diğerlerine göre sisteme etki yüzdesi daha fazla olanlar bulanık mantık için giriş değişkeni olarak tanımlanmışlardır. Bu durum, oluşturulan sisteme giriş değişkeni sayısından kaynaklanan fazla sayıda gereksiz kural girişinin önüne geçmiştir.

Taguchi yaklaşımıyla elde edilen etmenlerin sisteme etki yüzdeleri % 38.84 boru çapı, % 2.96 pedal kuvveti, %32.52 manevra açısı ve % 25.19 ile oturak dikey kuvveti şeklinde hesaplanmıştır. Sisteme % 38.84 ile etki eden boru çapı, %32.52 manevra açısı ve % 25.19 ile etki eden dikey oturak kuvveti BuMaMİT program arayüzüne giriş değişkenleri olarak, sistemin gerilme değeri ise çıkış değişkeni olarak girilecektir. Yalnız müşteriye girmesi gereken giriş değişkenleri teknik bir şekilde çap veya kuvvet gibi terimler kullanarak sormak yerine, çap yerine “Gövde Sağlamlığı” ve dikey oturak kuvveti yerine “Sürücü Ağırlığı” şeklinde sunulması tercih edilmiştir. Her bir giriş değişkeni beş adet değer aralığına eşit olarak bölünürken çıkış değişkeni dokuz eşit parçaya ayrılacaktır. Bunlar sırasıyla AA-aşırı az, CA-çok az, A- az, NA- normalden az, N- normal, NF- normalden fazla, F- fazla, CF- çokfazla, AF- aşırı fazla şeklinde olacaktır. Oluşturulan bulanık sistemde üyelik fonksiyon tipi ilk etapta üçgen olarak belirlenmiştir. Giriş değişkenlerinin alt ve üst sınır değerleri aynen kalırken, çıkış değişkeninin alt değeri deneyler sonucu bulduğumuz değerlerin en düşüğü, üst değeri de en yükseği kabul edilmiştir (Çizelge 5.2.4.1 ve Çizelge 5.2.4.2).

Çizelge 5.2.4.1. Giriş değişkenlerinin bulanık mantık sistemi için gerekli ayarları
(Göloğlu ve Mızrak, 2008b)

Giriş Değişkenleri	Alt	Üst	Üyelik Fonksiyon Tipi	Değer Aralıkları				
				ÇA	A	N	F	ÇF
A-Gövde Sağlamlığı (mm)	22	40	Üçgen	ÇA	A	N	F	ÇF
C-Hırçın Kullanım (°)	0	45	Üçgen	ÇA	A	N	F	ÇF
D- Sürücü Ağırlığı (N)	600	1200	Üçgen	ÇA	A	N	F	ÇF

Çizelge 5.2.4.2 Çıkış değişkeninin bulanık mantık sistemi için gerekli ayarları
(Göloğlu ve Mızrak, 2008b)

Çıkış Değişkeni	Alt	Üst	Üyelik Fonksiyon Tipi	Değer Aralıkları								
				AA	ÇA	A	NA	N	NF	F	ÇF	AF
Gerilme (MPa)	4.51	19.39	Üçgen	AA	ÇA	A	NA	N	NF	F	ÇF	AF

Uzman kişi, belirlediği bulanık mantık ayarlarını BuMaMİT program arayüzüne aktarması gerekmektedir. Burada diğer uygulamadan farklı olarak tasarım parametrelerinin BDT programından alınmasına gerek yoktur. Bunun için program arayüzünde ayrıca bir bölüm olarak Uygulama bölümünden Analiz tıklandığı zaman Çıkış değişkeni belirleme penceresi gelmektedir (Şekil 5.2.4.1).

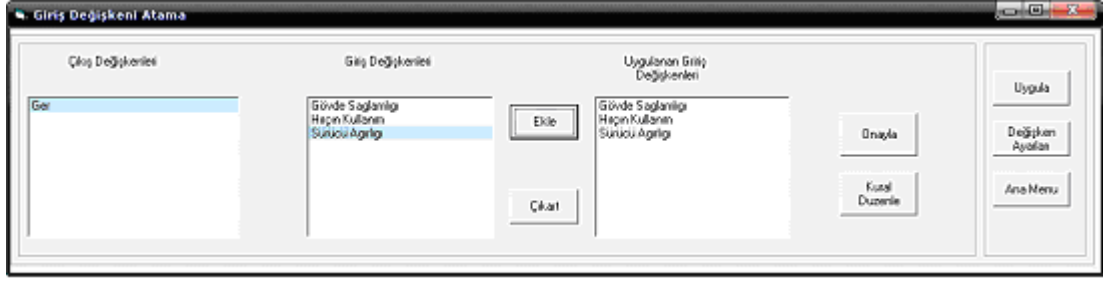


Şekil 5.2.4.1. Çıkış değişkeni belirleme penceresi

Bu aşamadan sonra uzman kişi ister Otomatik isterse Manuel Giriş penceresini kullanarak bulanık mantık ayarlarının sistem veritabanına girilmesine devam edecektir. Yalnız burada çıkış değişkeninin değer aralık sayısı giriş değişkenlerinkinden farklı olduğu için uzman kişinin Manuel Giriş penceresi kullanması gerekmektedir (Şekil 5.2.4.2).

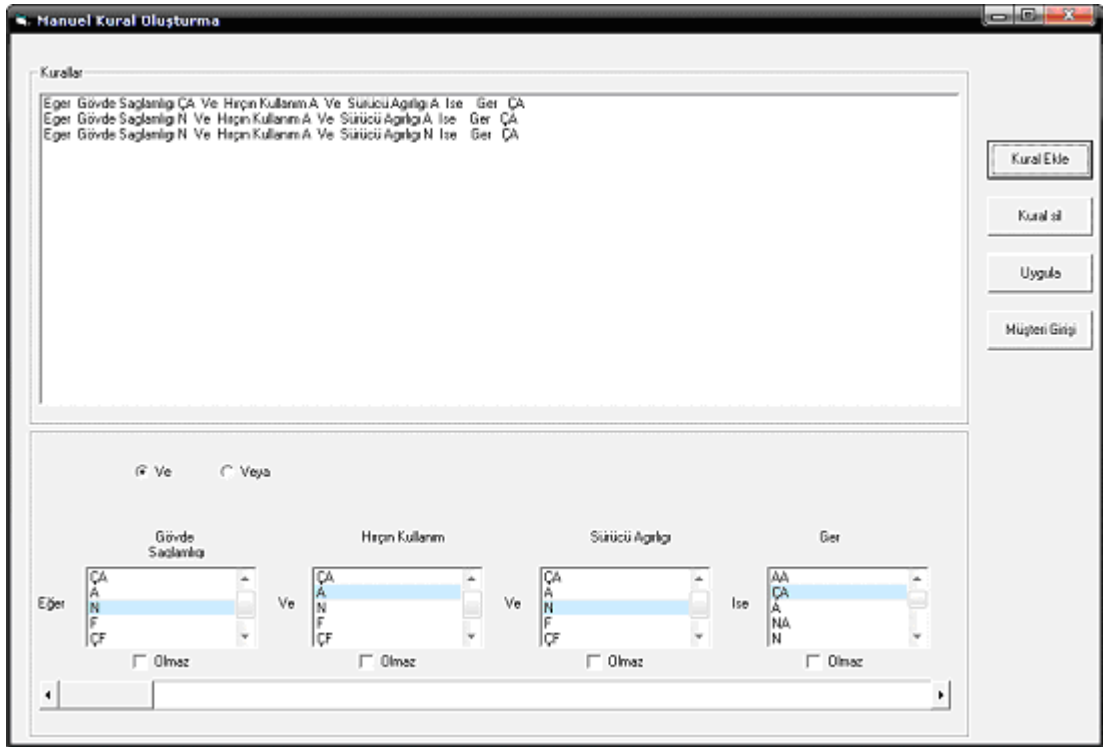
Şekil 5.2.4.2. Manuel Giriş penceresi

Manuel giriş penceresinde gerekli verilerin girilmesinden sonra, çıkış değişkenine giriş değişkeni atanması gerekmektedir. Manuel Giriş penceresinde “Kural Oluştur” düğmesine tıklamak suretiyle bu pencerenin açılması sağlanır (Şekil 5.2.4.3).



Şekil 5.2.4.3. Çıkış değişkenine giriş değişkeni atama penceresi

Gerilme çıkış değişkenine, girilen bütün giriş değişkenleri etki etmektedir. Bu atama işleminden sonra “Onayla” düğmesine tıklayarak Kural Oluşturma penceresinin açılması sağlanır (Şekil 5.2.4.4).



Şekil 5.2.4.4. Kural giriş penceresi

Bulanık sistemin çalıştırılması için gerekli olan kurallar Taguchi deneyleri temel alınarak yapılmıştır. Aşağıda bulanık sistem için gerekli olan kurallardan bazıları gösterilmiştir.

Kural No:8

Eğer Boru çapı çok az ve manevra açısı az ve oturak dikey kuvveti normal ise gerilme normalden fazladır.

Kural No:30

Eğer Boru çapı az ve manevra açısı çok az ve oturak dikey kuvveti çok fazla ise gerilme normaldir.

Kural No:45

Eğer Boru çapı az ve manevra açısı fazla ve oturak dikey kuvveti çok fazla ise gerilme normaldir.

Kural No:68

Eğer Boru çapı normal ve manevra açısı fazla ve oturak dikey kuvveti fazla ise gerilme azdır.

Kural No:96

Eğer Boru çapı fazla ve manevra açısı çok fazla ve oturak dikey kuvveti çok az ise gerilme normalin altındadır.

Kural No:120

Eğer Boru çapı çok fazla ve manevra açısı fazla ve oturak dikey kuvveti çok fazla ise gerilme normalin altındadır.

Kural girme işleminden sonra müşteriye ayrılan bölüm aktif edilerek müşterilerin tercihlerinin sisteme girmesi gerçekleştirilir (Şekil 5.2.4.5)

KENDİN YAP: BİSİKLET KADROSU

Bisiklet Kadrosu Seçimi

Lütfen tercihlerinizi belirtiniz!

Cok Az Cok Fazla

Gövde Sağlamlığı

Cok Az Cok Fazla

Hırçın Kullanım

Cok Az Cok Fazla

Sürücü Ağırlığı

60 kg 120 kg

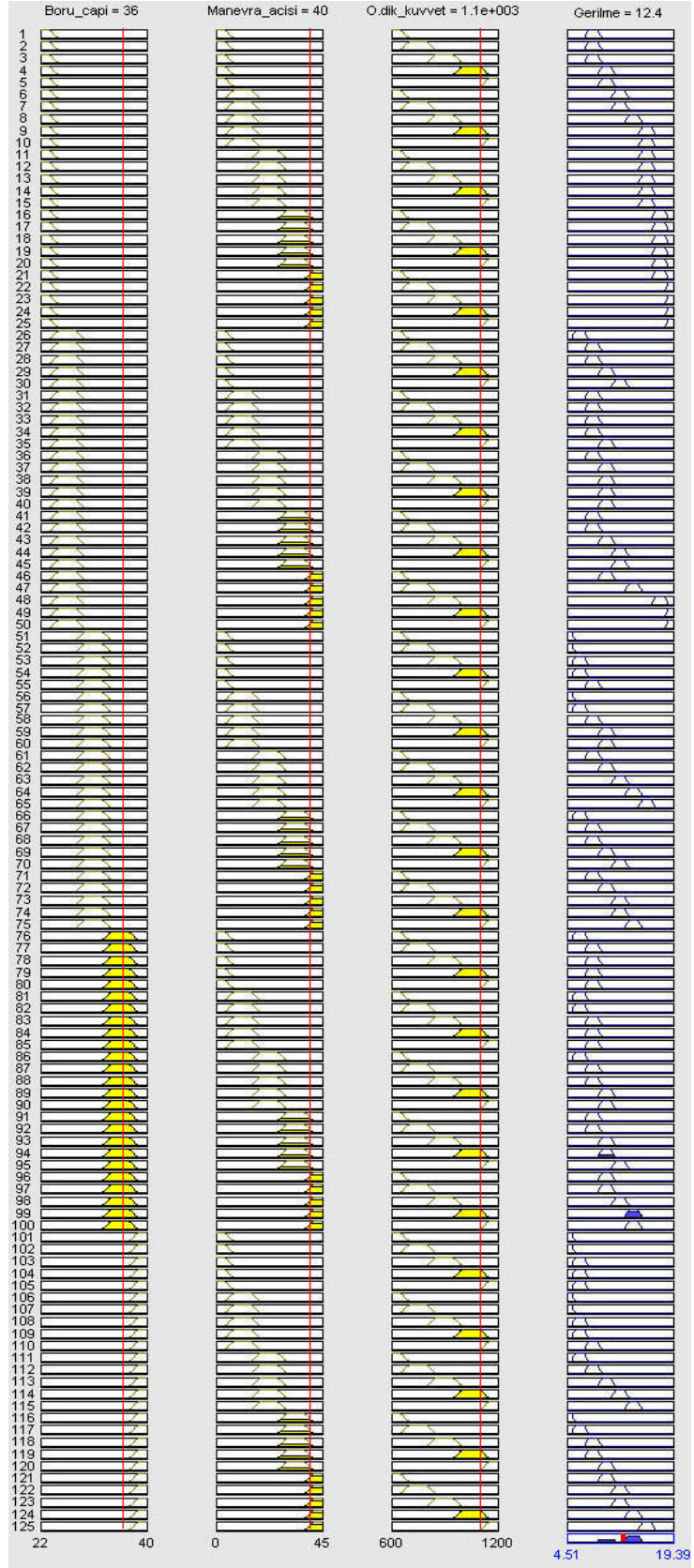
Seçimleri Onaylayınız ! Onayla

Sonuç: SSS

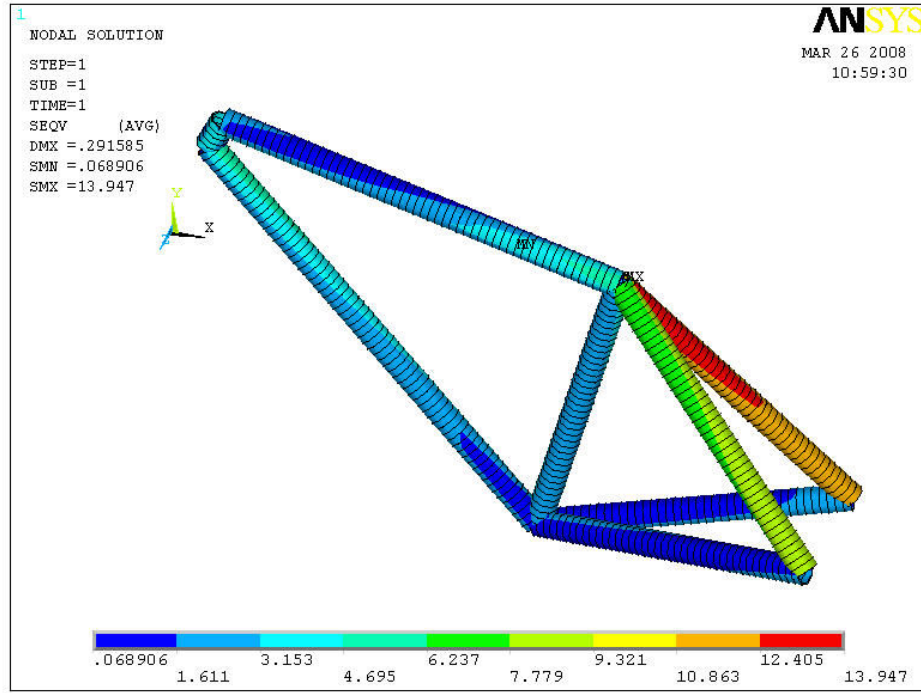
Not: S'lerin sayısı sağlamlık durumundaki artışı ifade etmektedir.

Şekil 5.2.4.5. Müşteri Giriş penceresi

Şekil 5.2.4.6'daki müşterinin belirlediği tercihler ilgili mühendislik yazılımında incelendiğinde, sonuca A (Gövde Sağlamlığı), C (Hırçın kullanma) ve D (Sürücü Ağırlığı) giriş değişkenlerinin girilen değerlerine ortak etki eden 94 ile 99 numaralı kurallar olduğu görülmektedir. Bu kurallar ile ilgili mühendislik yazılımında durulama işlemiyle sistem gerilme değeri 12.4 MPa bulunmuştur. ANSYS sonucunda hesaplanan sistemin gerçek gerilme değeri 13.94 MPa'dır (Şekil 5.2.4.7).



Şekil 5.2.4.6. Müşterinin belirlediği giriş değişkenlerine göre hesaplanan gerilme değeri (Göloğlu ve Mızrak, 2008b)



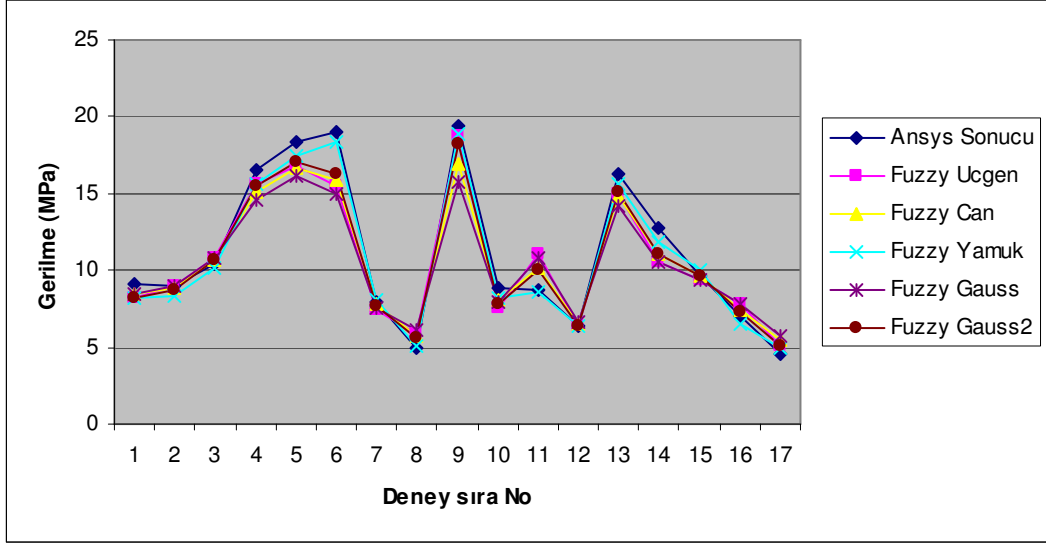
Şekil 5.2.4.7. ANSYS örnek deney sonucu (Göloğlu ve Mızrak, 2008b)

Mühendislik yazılımında durulama işlemi sonucunda bulunan değerle ANSYS programında yapılan deney sonucunda bulunan değer arasındaki fark, üyelik fonksiyon tipleri değiştirilerek incelenmiştir (Çizelge 5.2.4.3).

Çizelge 5.2.4.3. Üyelik tipleri karşılaştırma tablosu (Göloğlu ve Mızrak, 2008)

Ansyes Sonucu	Üçgen Fuzzy	Fuzzy % Hata	Çan Fuzzy	Fuzzy % Hata	Yamuk Fuzzy	Fuzzy % Hata	Gauss Fuzzy	Fuzzy % Hata	Gauss2 Fuzzy	Fuzzy % Hata
9.1	8.23	9.56044	8.403517	7.653656	8.23	9.56044	8.506046	6.526963	8.260849	9.221443
8.96	8.997669	0.420417	8.860222	1.113599	8.353793	6.7657	9.02247	0.697211	8.758292	2.251209
10.39	10.85475	4.47305	10.65278	2.529144	10.20013	1.827425	10.81925	4.131366	10.61228	2.139394
16.48	15.67	4.915049	15.05613	8.639985	15.67	4.915049	14.55393	11.6873	15.49987	5.947389
18.31	16.85208	7.96241	16.62688	9.192332	17.45791	4.653704	16.09028	12.12299	17.00562	7.123856
18.95	15.52459	18.07605	15.88779	16.15939	18.34619	3.18632	14.98459	20.92566	16.32162	13.87007
8	7.40048	7.494001	7.764488	2.943904	8.124972	1.562153	7.524293	5.946334	7.705499	3.681263
4.96	5.906431	19.08127	5.765265	16.23519	5.056816	1.951939	6.114998	23.28625	5.56516	12.20081
19.39	18.7571	3.264079	16.98644	12.39585	18.93814	2.330385	15.72928	18.87944	18.27193	5.766225
8.84	7.555336	14.5324	8.10538	8.310184	8.165957	7.624922	7.988948	9.627289	7.85885	11.09898
8.67	11.01975	27.10211	10.15869	17.1706	8.5936	0.881203	10.86372	25.3024	10.07905	16.25199
6.38	6.37	0.15674	6.514493	2.108047	6.37	0.15674	6.578276	3.107781	6.39497	0.234642
16	14.99839	8.098119	14.80677	9.272223	15.59384	4.44953	14.25621	12.64577	15.14497	7.199928
12.77	10.52129	17.60928	11.01681	13.72894	11.80537	7.55389	10.52419	17.5866	11.04206	13.53128
9.68	9.416488	2.72223	9.646163	0.349555	10.02028	3.515275	9.335151	3.562486	9.663637	0.169039
7	7.836147	10.68004	7.391823	4.404286	6.558101	7.371449	7.749224	9.452312	7.312179	3.279369
4.51	5.082308	12.68975	5.421595	20.21276	4.958364	9.941552	5.709125	26.58814	5.09854	13.04968
	Ortalama	9.75923		8.262931		4.269133		11.59301		7.122931

Bu sonuç ayrıca Şekil 5.2.4.8’de de açık bir şekilde görülmektedir.



Şekil 5.2.4.8. ANSYS ve üyelik fonksiyon tiplerinin karşılaştırılması (Göloğlu ve Mızrak, 2008b)

Hata analizinin sonucunda %4.27 ile en iyi oranı veren yamuk üyelik fonksiyon tipi uzman kişi tarafınca BuMaMİT sisteminin bulanık mantık ayarlamalarına dahil edilerek müşterinin giriş yapması gerçekleştirilmiştir. Kadro sağlamlığı, oluşturulan bulanık mantık sisteminde en düşük S ve en yüksek SSSSS aralığında kabul edilmiştir. Müşteri, kendi isteğine göre belirlediği ölçütlere göre sağlamlık değerini SSS bularak (Şekil 5.2.4.5). Müşteri teknik terim ve kavram bilmeden kadro sağlamlığı konusunda fikir sahibi olabilmıştır. BuMaMİT arayüzü, ürünün henüz tasarım sürecinde, müşterinin kendi isteği doğrultusunda tasarladığı ürünün sağlamlığı hakkında bilgi almasına olanak sağlamıştır.

5.3. MÜŞTERİ İSTEKLİ MONTAJ UYGULAMASI

Modüler yapılar günümüzde çok parçalı yapılarda ve karmaşık uygulamalarda sıklıkla tercih edilmektedirler. Uygulama alanı oldukça geniş olan modüler yapılar, inşaat sektöründen elektrik elektronik sistemlere, mobilya uygulamalarından bilgisayar programcılığına kadar birçok farklı alanda kullanılmaktadır.

Mekanik tasarım ve montaj uygulamalarında modülerlik, hem montaj aşamasında zamandan tasarrufa hem de sistemin üzerine düşen yükü azaltmada önemli ölçüde etki etmektedir (Gershenson, 1999). Modülerliğin mekanik tasarıma diğer önemli bir katkısı da bağımsız farklı modüller ile etkileşimle farklı tasarımların oluşturulmasını sağlamasıdır. Bu özellik tasarımcıya ve şirkete hızlı ve etkin bir biçimde değişik ürün alternatifleri hazırlamaya imkân vermektedir. Ayrıca müşteriye kısa süre zarfında değişik ürün seçeneklerini göstermeye ve seçtirmeye de imkân tanır.

Bu bölümde, tasarım ve montaj gibi teknik terim ve araçları kullanmayı bilmeyen bir müşterinin, kendi isteğine göre belirlediği kriterlere göre montaj yaparak tasarıma ve üretime bizzat kendisinin dahil olması amaçlanmıştır. İlgili uygulamada tükenmez kalem montajının BDT ortamında müşterinin bizzat kendisi tarafından BuMaMİT program arayüzü vasıtasıyla gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir.

Piyasada mevcut bulunan çoğu ürün tek parça şeklinde değil, kendisini oluşturan irili ufaklı parçaların bir araya getirilmesiyle meydana gelmiştir. Bu ürünlerin kullanıcı beğenisine sunulmasına kadar geçmesi gereken tasarım ve imalat süreci bulunmaktadır. Bu sürecin ilk aşaması ürün tasarımıdır. Tasarım aşamasında ürün gelişmiş BDT programlarında bütün parçalarıyla birlikte modellenir. Bu modellenen parçalar montaj aşamasında uygun sabitleme araç ve yöntemleri kullanarak sabitlenir ve ürünün kullanıcıya hitap edecek son şekli belirlenmiş olur. Modüler yapı, tasarım sürecinde oluşturulan model parçaları kendi aralarında küçük gruplara ayrılaraktan oluşturulur. Bu gruplandırma işlemi tamamen tasarımcının kendi tecrübesine göre belirleyeceği ölçütler ile ilgilidir. Modüler yapının kullanılması tasarım ve montaj aşamalarında gerek üreticiye gerekse imalatçıya çeşitli kolaylıklar sağlamaktadır.

Modüler yapılar, belirlendikten sonra bu yapıları BuMaMİT program arayüzüne dâhil ederek kullanıcının kendine özgü ürünü oluşturmaya imkân tanınacaktır.

İlgili alan için, tükenmez kalem montajı belirlenmiştir. En çok tercih edilen kalem çeşitleri müşteri anketleriyle belirlendikten sonra, bu kalemlerin yapısal özelliklerinden yararlanılarak fiziksel gruplandırması yapılacaktır. Bu yapılar uygun modüler yapılara ayrılarak BuMaMİT arayüzünün bulanık mantık ayarlarına çıkış değişkenleri olarak girilecektir. Kalem seçimine etki eden etmenler de giriş değişkeni olarak belirlendikten sonra, bulanık mantık kuralları sisteme girilecek ve müşterinin kendisine göre belirleyeceği duruma göre hesaplanan bulanık mantık sonucuna göre uygun modüllerin, ilgili BDT programında montajı gerçekleştirilecektir.

5.3.1. Tükenmez Kalem Bileşenleri

Tükenmez kalemlerin piyasada kullanılan, müşteriye hitap eden pek çok çeşidi bulunmaktadır. Kullanıcılar bu tükenmez kalemleri fiyat, fonksiyon gibi özelliklerine bakarak kendi zevklerine göre seçmektedirler. Üç farklı yaş grubundaki onar adet deneğe (Çizelge 5.3.1) kullandıkları tükenmez kalemler sorulmuş ve anket sonucunda piyasada en çok kullanılan beş adet tükenmez kalem tipi belirlenmiştir (Şekil 5.3.1).

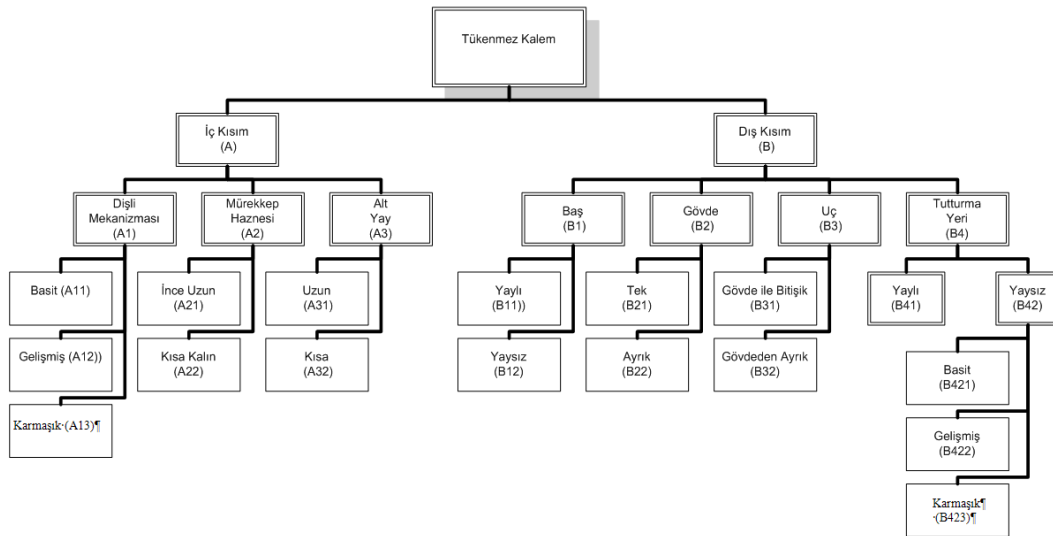
Çizelge 5.3.1. Anket grupları ve sayısı (Göloğlu ve Mızrak, 2008)

Yaş Grupları	Denek Sayısı
12-18	10
20-24	10
40-45	10



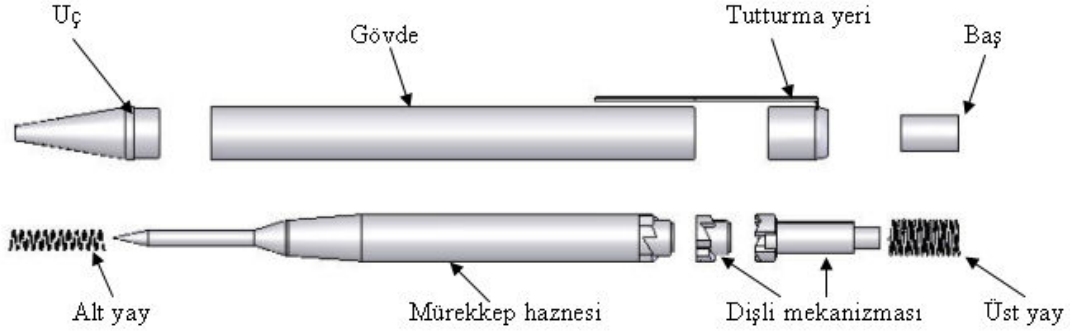
Şekil 5.3.1. En çok kullanılan tükenmez kalem tipleri (Göloğlu ve Mızrak, 2008)

Tükenmez kalemlerin genel itibariyle çalışma prensibi; mürekkep haznesi önüne monte edilmiş bilyalı sistemin mürekkebi, yazı ya da çizim esnasında kâğıda sürmesinden ibarettir. Anket sonucunda belirlenen kalemlerin çalışma prensibi de bu esasa dayanır. Kalemin baş tarafından uygulanan az miktarda kuvvet ile harekete geçen dişli mekanizması, mürekkep haznesini aşağı doğru ittirilmesiyle ucunu yazıma ve çizime hazır duruma getirmektedir. Buna göre tükenmez kalemlerin her biri kendi içerisinde fonksiyonel ve yapısal özellikleri bakımından bir araya getirilmiş değişik parçaların montajlanması sonucu oluşturulmuşlardır. Anket sonucunda belirlenen bu kalemler de fiziksel bakımdan iç ve dış kısım olarak iki ana gruba ayrılmışlardır (Şekil 5.3.2).



Şekil 5.3.2. Tükenmez kalemin bölümleri (Göloğlu ve Mızrak, 2008)

Tükenmez kalemın iç kısmının parçaları; dişli mekanizması, mürekkep haznesi, alt yay ve üst yay (bazılarında var bazılarında yok), dış kısmının parçaları; uç, gövde, tutturma yeri ve baş şeklindedir (Şekil 5.3.3).



Şekil 5.3.3. Tükenmez kalemın parçaları (Göloğlu ve Mızrak, 2008)

5.3.2. Modüler Yapılar

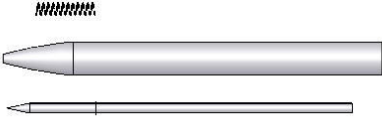
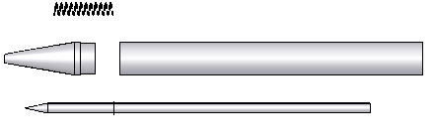
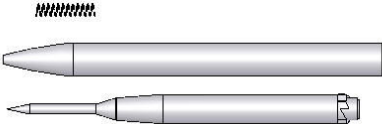
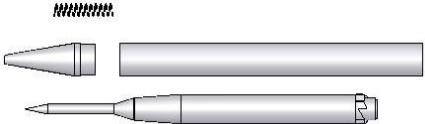
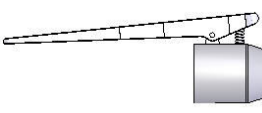



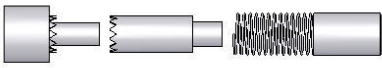


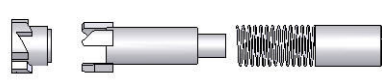
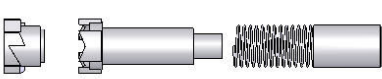

Tükenmez kalemi oluşturulan parçalar fiziksel özelliklerine göre gruplandıktan sonra modüler yapılarına göre de ayrılması gerekmektedir. Bu tasarımcıya montaj esnasında hem zamandan kazanmaya hem de sistemin üzerine düşecek yükü azaltmaya olanak sağlar. Bu çalışmada modüler yapıların daha çok aynı kategorideki farklı modüllerin montajı üzerinde durulacağından, değişik tükenmez kalem çeşidi oluşturulması gerçekleştirilecektir. Gruplara ayrılan tükenmez kalem içerisinde üç adet modül oluşturulması, kalemın montaj ve demontaj yerleri göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Bunlar alınarak belirlenmiştir. Her bir modül ve modül alt parçaları Çizelge 5.3.2.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.3.2.1. Modüller ve alt parçaları (Göloğlu ve Mızrak, 2008)

Modüller	1.Parça	2.Parça	3.Parça	4.Parça
Modül 1	Gövde	Uç	Mürekkep hazne	Alt yay
Modül 2	Tutturma yeri			
Modül 3	Dişli mekanizması	Kapak		

Kullanıcıların belirlediği beş adet kalem tipinin fiziksel parça grafiğinden (Şekil 5.3.2) faydalanılarak oluşturulmuş modüler yapılar Çizelge 5.15’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.3.2.2. Modül yapıları (Göloğlu ve Mızrak, 2008)

Modül 1	B22B32A21A31	B21B31A21A31
		
	B22B32A22A32	B21B31A22A32
		
Modül 2	B41	B421
		
	B422	B423
		
Modül 3	A11B11	A12B12
		
	A11B12	A13B11
		
	A12B11	A13B12
		

5.3.3. BuMaMİT Program Arayüzü Ayarları

Müşteri istekleri doğrultusunda oluşturulacak tükenmez kalem montajı için BuMaMİT program arayüzü kullanılmıştır. Burada amaç müşteri isteklerinin montaja tam anlamıyla dâhil edilmesi amaçlanmıştır. Bu sebeple öncelikle kullanıcının bir tükenmez kalemi seçerken göz önünde bulunduracağı etmenleri belirlememiz gerekmektedir. Bunlar kalemin montaj ve demontaj kolaylığı, ağırlığı ve kullanım

ömrü şeklindedir. Belirlenen bu etmenler, bulanık mantık için giriş değişkeni olarak kabul edilmiştir. Her bir giriş değişkeninin alt ve üst sınırları 1 ile 10 kabul edilerek üç ayrı değer aralığına bölünmüştür (Çizelge 5.15). Bu değer aralıkları sırasıyla, montaj ve demontaj giriş değişkeni için; Basit (B), Normal (N), Karmaşık (K), ağırlık giriş değişkeni için; Hafif (H), Normal (N), Ağır (A), kullanım ömrü giriş değişkeni için; Kısa (K), Normal (N), Uzun (U) şeklindedir (Çizelge 5.3.3.1). Bu belirlenen değer aralıklarının her birinin karakteristik eğrileri de üçgen üyelik fonksiyonu olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5.3.3.1. Giriş değişken ayarları (Göloğlu ve Mızrak, 2008)

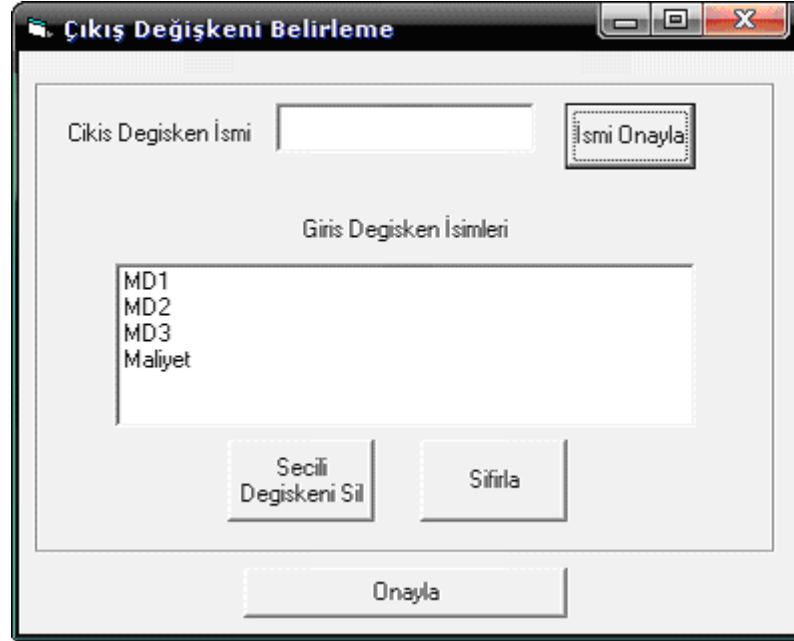
Giriş Değişkenleri	Alt	Üst	Üyelik Fonksiyon Tipi	Değer Aralıkları		
Montaj ve demontaj	1	10	Üçgen	B	N	K
Ağırlık	1	10	Üçgen	H	N	A
Kullanım ömrü	1	10	Üçgen	K	N	U

Bu giriş etmenleri kullanıcının isteği doğrultusunda kalem montajının oluşturulmasını sağlayacağından, sistemin çıkış değişkenleri de kalemi oluşturan Modül 1, Modül 2, Modül 3 olarak bulanık mantık ayarlamalarına dâhil edilmiştir. Çıkış değişkenleri olarak atanan bu üç modül, beşer adet değer aralığına ayrılarak, bu değer aralıklarına üçgen tipi üyelik fonksiyonu atanması uygun bulunmuştur. Modül çıkış değişkenlerinin değer aralıkları isimleri sırasıyla En Basit (EB), Basit (B), Normal (N), Gelişmiş (G) ve En Gelişmiş (EG) şeklinde ifade edilmiştir. Ayrıca oluşturulan bu kelemin maliyetinin müşteriye bildirilmesi için anket sonucu belirlenen beş adet kalemin fiyatları temel alınarak tahmini maliyet çıkarma da hedeflenmektedir. Bunun için de üç adet değer aralığı uygun bulunmuş ve bunların üyelik fonksiyonları olarak üçgen tipi seçilmiştir. Maliyet çıkış değişkeni için belirlenen değer aralıkları Düşük (D), Normal (N), Yüksek (Y) şeklinde sisteme girilmiştir (Çizelge 5.3.3.2).

Uzman kişinin bulanık mantık ayarlarını tanımladıktan sonra bu ayarları BuMaMİT program arayüzüne girmesi gerekmektedir. Bunun için uzman kişi ilk etapta Uygulama bölümünden “Kalem”e tıklayarak çıkış değişkenlerinin girileceği penceresi aktif hale getirmesi gerekmektedir (Şekil 5.3.3.1).

Çizelge 5.3.3.2. Çıkış değişken ayarları (Göloğlu ve Mızrak, 2008)

Çıkış Değişkenleri	Alt	Üst	Üyelik Fonksiyon Tipi	Değer Aralıkları				
				EB	B	N	G	EG
Modül 1 (MD 1)	1	10	Üçgen	EB	B	N	G	EG
Modül 2 (MD 2)	1	10	Üçgen	EB	B	N	G	EG
Modül 3 (MD 3)	1	10	Üçgen	EB	B	N	G	EG
Maliyet	1	10	Üçgen	D		N		Y

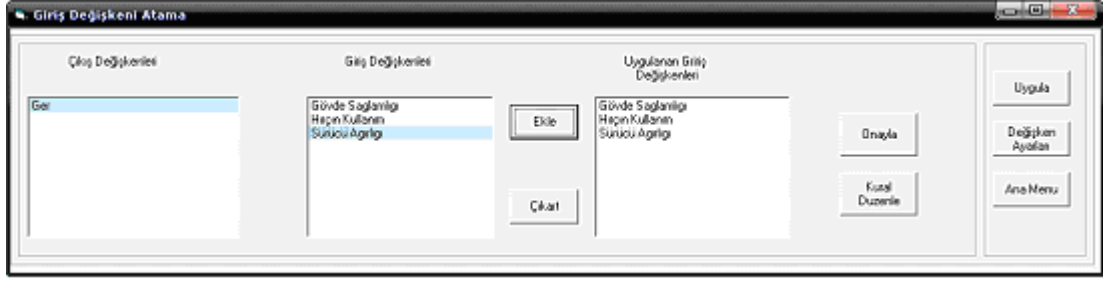


Şekil 5.3.3.1. Çıkış değişkenleri giriş penceresi

Çıkış değişkenlerinin modül yapıları şeklinde sisteme tanıtılmasından sonra, giriş değişkenlerinin de Manuel Giriş penceresi yardımı ile sistem veritabanına kaydedilmesi gerekmektedir (Şekil 5.3.3.2).

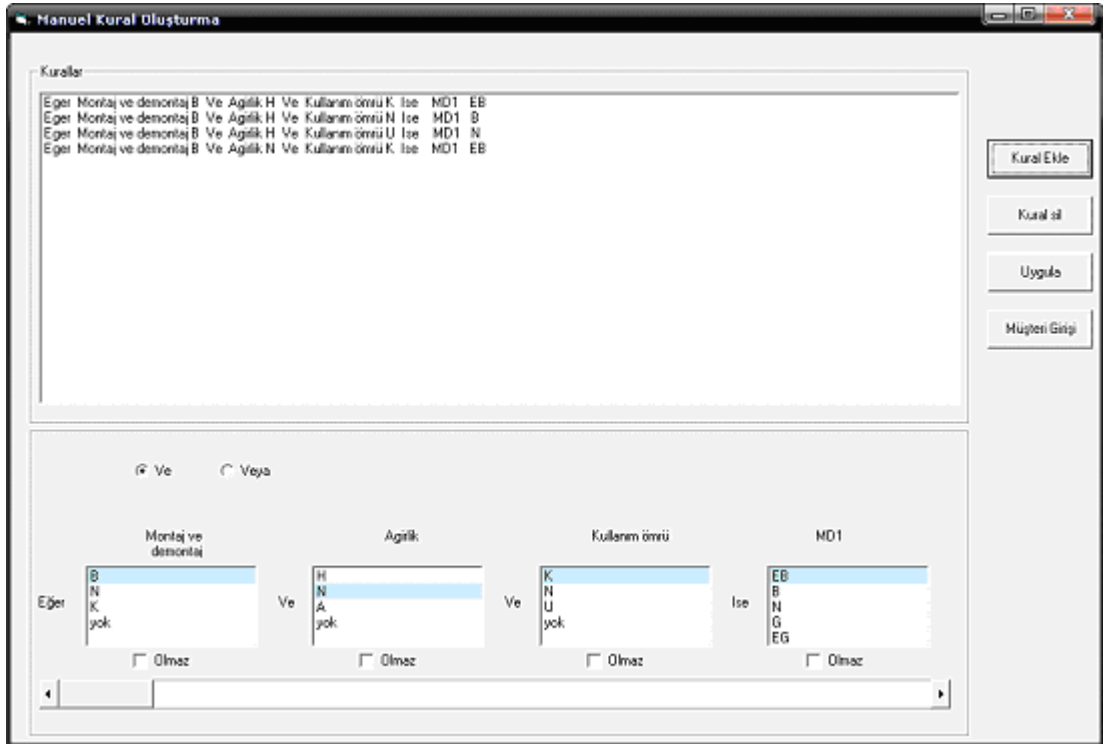
Şekil 5.3.3.2. Manuel Giriş penceresi

Bulanık sistemin giriş ve çıkış ayarlamaları yapıldıktan sonra sistemin karakteristiğini belirleyecek kuralların oluşturulması gerekmektedir. Kurallar oluşturulurken her bir modüle etki eden giriş değişkenleri düşünülmüştür. Modül 1 için her bir giriş değişkeni birlikte etki etmesine rağmen, Modül 2 için ağırlık ve kullanım ömrü, Modül 3 içinde montaj ve kullanım ömrü etkin değişkenler olarak kabul edilmiştir. Ayrıca Maliyet çıkış değişkeni için bütün giriş değişkenleri de etki etmektedir (Şekil 5.3.3.3).



Şekil 5.3.3.3. Çıkış değişkenlerine giriş değişkeni ataması

Her bir çıkış değişkenine giriş değişkeni atamasından sonra, kural girişlerinin de sistem veritabanının girilmesi gerekmektedir (Şekil 5.3.3.4). Sistemde kayıtlı bütün kuralların dökümü Ek-1 'de verilmiştir.



Şekil 5.3.3.4. Kural girişleri

Bulanık mantık ayarları BuMaMİT arayüzünün bulanık mantık ayarları bölümüne girildikten sonra müşterinin isteklerini tekrar BuMaMİT arayüzünde müşteri girişi bölümünde tükenmez kalem montajına dahil etmek gerekmektedir (Şekil 5.3.3.5). Bunun için öncelikle bulanık mantıkta hesaplanan değer, hangi aralıklarda olduğu her bir modül için tespit edilmelidir. Bunu yaparken on dört adet alt modüle

puanlama yapılmasına karar verilmiştir. Her bir modüle 1 ile 10 arasında puanlama yapmak suretiyle, dahil olduğu aralıklar Çizelge 5.3.3.3 deki gibi belirlenmiştir.

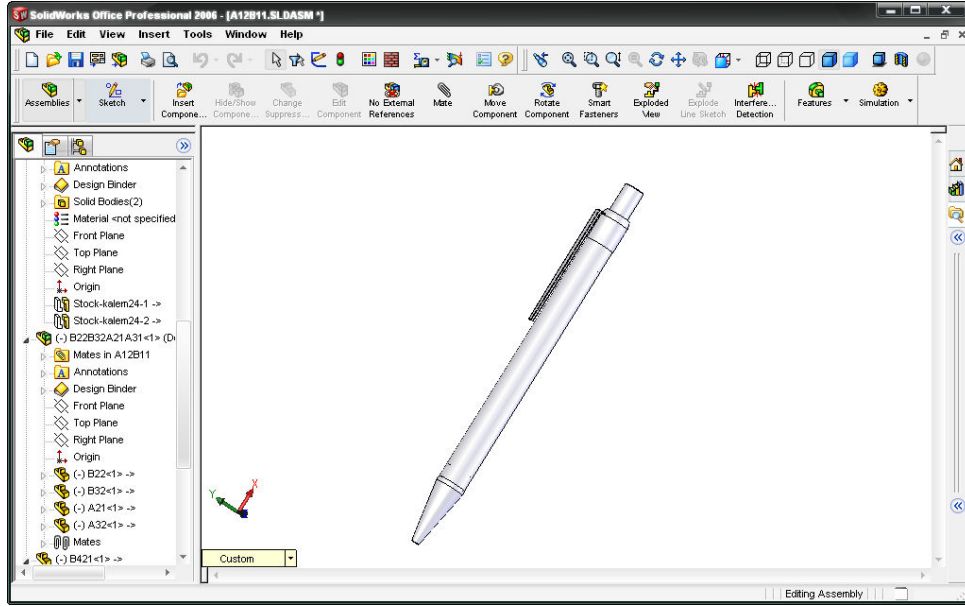
Çizelge 5.3.3.3. Modül aralıkları (Göloğlu ve Mızrak, 2008)

Modül 1	Modül 2	Modül 3
1 ≤ B21B31A21A31 < 3	1 ≤ B423 < 3	1 ≤ A11B11 < 2.5
3 ≤ B21B31A22A32 < 5	3 ≤ B421 < 5	2.5 ≤ A11B12 < 4
5 ≤ B22B32A21A31 < 7	5 ≤ B422 < 7	4 ≤ A12B11 < 5.5
7 ≤ B22B32A22A32 ≤ 10	7 ≤ B41 ≤ 10	5.5 ≤ A11B12 < 7
		7 ≤ A13B11 < 8.5
		8.5 ≤ A11B12 ≤ 10

Müşteri isteklerinin bulanık mantık sistemine girilmesi ile, ilgili kurallarda hesaplanan bulanık mantık sonuçları doğrultusunda elde edilen her bir modül, müşteri arayüzü aracılığıyla tekrar kullanıcıya gösterilmektedir. Burada daha önce ayrı bir klasöre aynı ebatlarda kaydedilen modül resimleri BuMaMİT arayüzünden çağırılarak müşteriye gösterilmiştir (Şekil 5.3.3.5).

Şekil 5.3.3.5. Müşteri Girişi penceresi

Eğer müşteri kalemin montajlanmış şeklini de görmek isterse, tekrar müşteri arayüzündeki “Montaj” tuşuna tıklayarak, ilgili modüllerin montajını BDT programında gerçekleştirebilmektedir (Şekil 5.3.3.6).



Şekil 5.3.3.6. İlgili BDT yazılımında tükenmez kalem montajı

Modüler yapılar ve bu yapıların bulanık mantık sistemi ile birlikte tasarım ve montaj uygulamalarına entegrasyonu yeni geliştirilen çalışmalar arasındadır. Bu konunun günümüz rekabet ortamında hem müşteri lehine hem de şirket lehine olacak faydasını, çalışmada örnek tükenmez kalem montajı üzerinde yaparak gösterilmeye çalışılmıştır. Bunu yaparken öncelikle piyasada müşteriler tarafından en çok tercih edilen ve en çok çeşidi bulunan kırtasiye ürünlerinden olan tükenmez kalemlerin belirlenmesi üzerinde durulmuştur. Burada değişik yaş gruplarından insanlara kullandıkları tükenmez kalem tipleri sorulmuş ve en çok tercih edilenler bu yöntemle belirlenmiştir. Belirlenen bu kalemlerin modüler yapılara ayrılması için gerekli parça kombinasyonları, kalemin parçalarını fiziksel gruplara ayırma işleminden sonra gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan modüler yapıların bulanık mantık ile ilişkisini kurmak için de müşterilerin tükenmez kalem alırken göz önünde bulundukları etmenler dikkate alınmıştır. Bu doğrultuda bulanık sistemin giriş ve çıkış değişkenleri ve bunların değer aralıkları belirlenmiştir. Bundan sonra müşterinin belirlediği koşula göre hesaplanan değer ile bu değere verilen uygun aralıktan ilgili modülün belirlenmesi sağlanmıştır. Hesaplamalar sonucu bulunan ilgili modülün

modüler yapı-bulanık mantık-montaj entegrasyonu doğrultusunda BDT yazılımında montajlanması gerçekleştirilmiştir. Böylelikle teknik bilmeyen müşterinin kendi belirlediği koşullara göre bir tükenmez kalem montajını modüler yapı- bulanık mantık- montaj amacı doğrultusunda BDT yazılımında oluşturması gerçekleştirilebilmiştir.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Müşteri odaklı ürün tasarımı ve uygulamaları işletmelerin üzerinde durduğu ve bununla ilgili şirketlerinde AR-GE bölümleri açtığı önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Artık şirketler tamamen müşteri memnuniyetine odaklı yeni üretim yöntemlerine geçmekte ve bu yöntemleri klasik üretim yöntemlerine göre daha çok tercih etmektedirler. Burada amaç müşteri memnuniyetini üst seviyelere çıkararak firma ve ürün nezdinde, müşterinin bir daha ki alışverişlerde tercihine hedef olabilmektir.

Müşterinin ürünün tasarımının yapılmadan önce gerektiği şekilde tasarıma dahil olabilmesi geliştirilen mevcut sistemler üzerindeki eksiklikler incelenerek belirlenmiştir. Müşteri memnuniyetinin daha üst seviyelere çıkarılması için müşterinin ürün geliştirme sürecine dahil edilebilmesi çalışmanın başlıca hedefi olmuştur. Bu hedef doğrultusunda Bulanık Mantık Müşteri İstekli Tasarım (BuMaMİT) program arayüzü geliştirilmiştir. Geliştirilen program arayüzü ile birlikte BDT programı (SolidWorks) ve mühendislik yazılımı (MATLAB) arasında bağlantı kurularak bunların tümleşik çalışması gerçekleştirilmiştir. Yazılımlar arası bağlantıyı kurarken API fonksiyonlarından faydalanılmıştır. Çalışmada mühendislik yazılımı, müşterinin gereksinimlerini sayısal ifadelerle dönüştürerek bunları bulanık mantık hesaplamalarında değerlendirmek için kullanılmıştır. BDT programı (SolidWorks) ise ürün geliştirmek ve ürün modelinin gerekli tasarım parametrelerini elde edebilmek için kullanılmıştır. Sonuç olarak tez çalışmasında;

- BDT ve mühendislik yazılımına tümleşik BuMaMİT yazılımının oluşturulması,
- BuMaMİT yazılımı ile birlikte müşteri isteklerinin hassas şekilde değerlendirilmesi ve elde edilmesi,

- BuMaMİT arayüzü ile müşterinin belirlediği isteklere göre mevcut model üzerinden yeni model oluşturulması,
- Müşterinin ürün üretildikten sonra memnuniyetinin ölçülmesi yerine ürün üretilmeden memnuniyet değerlendirmesinde bulunması,
- Müşteriyi tasarım sürecine dahil edilmesi

gerçekleştirilmiştir.

Oluşturulan sistemin geliştirilmesi gereken noktaları şu şekilde sıralanabilir;

- Geliştirilen arayüzün Visual C++ yerine Visual Basic alt yapısına sahip oluşu,
- Gelişmiş veritabanı yerine Excel tabanlı veritabanı dosyasının kullanılması,
- Müşteri taleplerinin daha gelişmiş yapay sinir ağları yerine bulanık mantık yönteminin kullanılarak elde edilmesidir.

KAYNAKLAR

- Baxter, D., Gao, J., Case K., Harding, J., Young B., Cochrane, S., Dani, S., “A framework to integrate design knowledge reuse and requirements management in engineering design”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 24: 585-593 (2007).
- Bezdek J., “Editorial: Fuzzy models-what are they, and why?”, *IEEE Trans. Fuzzy Syst.*, 1: 1-5 (1993).
- Boothroyd, G., Altling L., “Design for Assembly and Disassembly”, *Manufacturing Technology*, 41:625-636 (1992)
- Chang, K.-H., Joo, S.-H., “Design parameterization and tool integration for CAD-based mechanism optimization.” *Advances in Engineering Software*, 37: 779-96. (2006).
- Chen, Y.-R., “A problem-solving approach to product design using decision tree induction based on intuitionistic fuzzy ” *European Journal of Operational Research* , 196: 266-272 (2009).
- Chu, C.-H., Cheng, C.-Y., Wu, C.-W., “Applications of the web-based collaborative visualization in distributed product development.” *Computers in Industry*, 57: 272-82 (2006)
- Gershenson, J., Prasad, J., Allamneni, S., “Modular Product Design: A Life-cycle View”, *Journal of Integrated Design and Process Science*, 3: 13-26 (1999).
- Gilmore, J.H., Pine, B.J. II., “The four faces of mass customization,” *Harvard Business Review*, 1: 101-10 (1997).
- Gologlu, C., Mizrak, C., "An Integrated Fuzzy Logic Approach to Customer Oriented Product Design", *Journal of Engineering Design*, DOI: 10.1080/09544820903032519, (2009).
- Gologlu, C., Mizrak, C., “Fuzzy modular product assembly based on customer’s needs.” In: G. Cagil, C. Kubat, E. Oztemel and H. Taskin, eds. *IMS'2008 Sempozyumu Bildiri Kitabı*, Sakarya, 386-394 (2008).
- Gologlu, C. and Mizrak, C., “Customer driven product determination with fuzzy logic and Taguchi approaches.”, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, in press., (2008b).

Gologlu, C., Sakarya, N., “The Effects of Cutter Path Strategies on Surface Roughness of Pocket Milling of 1.2738 Steel Based on Taguchi Method”, *Journal of Materials Processing Technology*, 206: 7-15 (2008).

Göloğlu, C., Sezeroğlu, A., “Ürün hayat sürecinde tasarım ve imalata eşzamanlı yaklaşım”, *Teknoloji*, 10: 153-163 (2007).

Haji, A., Assadi, M., “Fuzzy expert systems and challenge of new product pricing”, *Computers & Industrial Engineering*, 56: 616–630 (2009).

Harding, J., Popplewell, K., Fung, R., Omar, A., “An intelligent information framework relating customer requirements and product characteristics”, *Computers in Industry*, 44: 51-65 (2000).

Hatipoglu, Z., Temel Pazarlama, *BetaYayincılık*, İstanbul, (1993).

Hsiao, S-W., “Fuzzy logic based decision model for product design”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 21: 103-116 (1998).

İlhan, F., “Yeni Ürün Geliştirme Süreci ve Yeni Ürünün Pazara Sunulmasında Markanın Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul, 3-9 (2006).

İnternet: “Kadro Geometrisi”, http://www.mtbtr.com_, (2008).

İnternet: “Louis Garneau Bicycle Frame Geometry”, <http://www.louisgarneau.com>, (2008)

Jang, J.S.R., Sun, C.T., Mizutani, E., “Neuro-Fuzzy and SOFT Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence.”, *Prentice-Hall.*, (1997)

Jindo, T., Hirasago, K., Nagamachi, M., “Development of a design support system for office chairs using 3-D graphics.”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15: 49-62 (1995).

Kaplan, A.M., Haenlein, M., “Toward a parsimonious definition of traditional and electronic mass customization.”, *Journal of Product Innovation Management*, 23: 168-82 (2006).

Khabbaz, R., Manshadi, B., Abedian A., Mahmudi, R., “A simplified fuzzy logic approach for materials selection in mechanical engineering design”, *Materials and Design*, 30: 687-697 (2008).

Klir, G.R., Yuan, B., “Fuzzy Sets and Fuzzy Logic Theory and Applications.”, *Prentice-Hal*, NewYork, (1995).

Kotler, P., “Marketing Management”, *Prentice-Hall International Editions*, New Jersey, (1988).

- Kwong, C., Wong, T., “A methodology of generating customer satisfaction models for new product development using a neuro-fuzzy approach”, *Expert Systems with Applications*, 36(8): 11262-11270 (2009).
- Lin, Y-C., Lai, H-H., Yeh, C-H., “Consumer-oriented product form design based on fuzzy logic: A case study of mobile phones”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37: 531-543 (2007).
- Mamdani, E.H., Assilian, S., An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller, *International Journal of Man-Machine Studies*, 7: 1-13 (1975).
- Manshadi B. D., Mahmudi H., Abedian A., Mahmudi R. A., “Novel method for materials selection in mechanical design: combination of non-linear normalization and a modified digital logic method.”, *Mater Des*, 28: 8–15 (2007).
- McCarthy, E., J., Perrault W., D., “Basic Marketing”, *Richard D. Irwin*, Chicago, (1990).
- Mucuk, İ., “Pazarlama İlkeleri”, *Türkmen yayıncılık*, İstanbul, (2000).
- Nagamachi, M., “Kansei engineering: a new ergonomic consumer oriented technology for product development”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15: 3-11 (1995).
- Nepal, B., Monplaisir, L., Singh N., “Integrated fuzzylogic-based model for product modularization during concept development phase”, *Int. J. Production Economics*, 96: 157–174 (2005).
- Ong, S., Sun, M., Nee A., “A fuzzy set AHP-based DFM tool for rotational parts”, *Journal of Materials Processing Technology*, 138: 223–230 (2003).
- Park, J., Han, S., “A fuzzy rule-based approach to modeling affective user satisfaction towards office chair design”, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 34: 31-47 (2004).
- Schlesinger, L., A., Heskitt, J., L., “Breaking the cycle of failure in services”, *Sloan Management Review*, 32:17-28 (1991).
- Tek, Ö. B., “Pazarlama İlkeleri”, *Beta yayıncılık*, İstanbul, (1999).
- Zadeh, L., A., “Fuzzy sets”, *Information and Control*, 8: 338-353 (1965).
- Zikmund, W., Amico, M., “Basic Marketing”, *West Publishing Company*, St Paul, (1996).
- Zimmermann H.J., “Fuzzy Set Theory and Its Applications”, *Kluwer Aca*, Boston, (1996).

EK AÇIKLAMALAR

Manuel Giriş Bölümü Giriş Değişkenleri “Onayla” Butonu Komutları

```
If List1.ListCount = 0 Then
MsgBox ("Lütfen Giriş Değişkeni Giriniz!")
Else
If List1.SelCount = 0 Then
MsgBox ("Lütfen Değerleri Uygulayacağınız Giriş Değişkenini Seciniz!")
Else
If List3.ListCount < 2 Then
MsgBox ("Lütfen " & List1.List(List1.ListIndex) & " İçin En Az İki Adet Değer Aralığı
Giriniz!")
Else
If (Text4.Text = "" Or Text5.Text = "") Or Text4.Text >= Text5.Text Then
MsgBox ("Lütfen " & List1.List(List1.ListIndex) & " İçin Alt ve Üst Sınır Değerlerini
Giriniz!")
Else
If Option1.Value = False And Option2.Value = False Then
MsgBox ("Lütfen Aralıkların Dağıtılma Tipini Belirleyiniz!")
Else
Worksheets(ikincisayfa).Activate
For exdongu3 = 1 To List1.ListCount
excel.ActiveCell(exdongu3, 1) = List1.List(exdongu3 - 1)
Next exdongu3
ActiveWorkbook.Save
girissayi4 = List1.ListIndex + 1
For exdongu2 = 1 To List3.ListCount
excel.ActiveCell(girissayi4, 2) = List3.ListCount
excel.ActiveCell(girissayi4, exdongu2 + 2) = List3.List(exdongu2 - 1)
Next exdongu2
girissayi3 = girissayi2 + List1.ListCount
girissayi5 = 1 + List1.ListIndex
girissayi10 = List3.ListCount + 3
excel.ActiveCell(girissayi5, girissayi10) = Text4.Text
excel.ActiveCell(girissayi5, girissayi10 + 1) = Text5.Text
For degal5 = girissayi10 + 2 To 200
excel.ActiveCell(girissayi5, degal5) = ""
Next degal5
If Option1.Value = True Then
excel.ActiveCell(girissayi4, excel.ActiveCell(girissayi4, 2) + 5) = "E"
End If
deger = 0
If Option2.Value = True Then
excel.ActiveCell(girissayi4, excel.ActiveCell(girissayi4, 2) + 5) = "H"
sence = 0
dagitloop4 = List1.ListIndex + 1
If excel.ActiveCell(dagitloop4, 2) <> "" And excel.ActiveCell(dagitloop4,
excel.ActiveCell(dagitloop4, 2) + 5) = "H" Then
sence = sence + 1
If Text1.Text <> "T" Then
```

```

        Combo888.AddItem (List1.List(List1.ListIndex))
        Combo1000.AddItem (List1.List(List1.ListIndex))
        Combo999.AddItem (excel.ActiveCell(dagitloop4, 2))
    End If
End If
deger = 0
For dagitloop6 = 1 To Combo888.ListCount
    If List1.List(List1.ListIndex) = Combo888.List(dagitloop6 - 1) And dagitloop6 > 1 Then
        For dagitloop7 = 2 To dagitloop6
            deger = Combo999.List(dagitloop7 - 2) + deger
        Next
    Else
        deger = 0
    End If
Next
girissecili2 = List1.List(girisdenetle3 - 1)
formdortsay = List1.ListIndex + 1
girissayi3 = List1.ListCount
Form4.Show
ActiveWorkbook.Save
Text4.Text = ""
Text5.Text = ""
excel.ActiveCell(dagitloop4, excel.ActiveCell(dagitloop4, 2) + 6) = "T"
ActiveWorkbook.Save
    End If
arakontrol1 = "0"
arakontrol2 = "0"
arakontrol3 = "0"
arakontrol4 = "0"
arakontrol8 = "0"
arakontrol9 = "0"
kaydetiac2 = "1"
List3.Clear
    End If
    End If
    End If
End If
End Sub

```


Kural Giriş Bölümünde “Kural Ekle” Butonu Komutları

```
Worksheets(paramkural).Activate
If Option1 = True Then
Label5.Caption = " Ve "
Label6.Caption = "1"
End If
If Option2 = True Then
Label5.Caption = " Veya "
Label6.Caption = "2"
End If
girissayi8 = 1
Label7.Caption = ""
Label8.Caption = ""
For cogaltma9 = 1 To gdegal
If Check1(cogaltma9 - 1).Value = Checked Then
Label3.Caption = " Olmazsa "
Label15.Caption = "-" & List1(cogaltma9 - 1).ListIndex + 1
End If
If Check1(cogaltma9 - 1).Value = Unchecked Then
Label3.Caption = " "
Label15.Caption = List1(cogaltma9 - 1).ListIndex + 1
End If
Label7.Caption = Label7.Caption + " " & Label1(cogaltma9 - 1).Caption & " " & List1(cogaltma9 - 1).List(List1(cogaltma9 - 1).ListIndex) & Label3.Caption & " " & Label14(cogaltma9 - 1).Caption & " "
If List1(cogaltma9 - 1).ListIndex + 1 = List1(cogaltma9 - 1).ListCount Then
Label10.Caption = "0"
Else
Label10.Caption = List1(cogaltma9 - 1).ListIndex + 1
End If
excel.ActiveCell(girissayi8, cogaltma9) = List1(cogaltma9 - 1).ListIndex + 1
Label8.Caption = Label8.Caption + " " & Label15.Caption
ActiveWorkbook.Save
Next cogaltma9
Label11.Caption = List2(0).ListIndex + 1
Label7.Caption = Label7.Caption & " " & Label4(0).Caption & " " & List2(0).List(List2(0).ListIndex)
Label7.Caption = "Eger " + Label7.Caption
Label9.Caption = Label8.Caption
For denetlebak = 0 To List5.ListCount
If Label9.Caption = List5.List(denetlebak) Then
denetlebak2 = "ayni"
End If
Next
If denetlebak2 = "ayni" Then
MsgBox ("Kural girişinden mantıksal hata yaptınız. Tekrar deneyiniz!")
Else
List5.AddItem (Label8.Caption)
List3.AddItem (Label7.Caption)
Label8.Caption = Label8.Caption & " , " & Label11.Caption & " (1): " & Label6.Caption
List4.AddItem (Label8.Caption)
End If
End Sub
```

Üyelik Fonksiyonu Eşit Dağıtılmanın Bölümünde “Uygula” Butonu Komutları

```
Worksheets(ucuncusayfa).Activate
artirazalt = Combo3.List(Combo2.ListIndex) - 3
excel.ActiveCell(deger + Combo1.ListIndex + 1, 3) = Combo3.List(Combo2.ListIndex)
For dagitilmasin = 1 To Combo3.List(Combo2.ListIndex)
excel.ActiveCell(deger + Combo1.ListIndex + 1, 3 + dagitilmasin) = Text1(dagitilmasin).Text
Next
excel.ActiveCell(deger + Combo1.ListIndex + 1, 4 + Combo3.List(Combo2.ListIndex)) =
Combo2.List(Combo2.ListIndex)
Worksheets(ikincisayfa).Activate
dagitmastring = excel.ActiveCell(formdortsay, 1)
dagitmastring2 = excel.ActiveCell(formdortsay, (excel.ActiveCell(formdortsay, 2) + 3))
dagitmastring3 = excel.ActiveCell(formdortsay, (excel.ActiveCell(formdortsay, 2) + 4))
Worksheets(ucuncusayfa).Activate
excel.ActiveCell(deger + Combo1.ListIndex + 1, 5 + Combo3.List(Combo2.ListIndex)) =
dagitmastring
excel.ActiveCell(deger + Combo1.ListIndex + 1, 6 + Combo3.List(Combo2.ListIndex)) =
Combo1.List(Combo1.ListIndex)
excel.ActiveCell(deger + Combo1.ListIndex + 1, 7 + Combo3.List(Combo2.ListIndex)) =
dagitmastring2
excel.ActiveCell(deger + Combo1.ListIndex + 1, 8 + Combo3.List(Combo2.ListIndex)) =
dagitmastring3
For degalolma4 = 1 To Combo1.ListCount
excel.ActiveCell(deger + degalolma4, 1) = formdortsay
excel.ActiveCell(deger + degalolma4, 2) = degalolma4
Next
ActiveWorkbook.Save
End Sub
```

Ek 1. Her bir çıkış değişkenine etki eden giriş değişkenleri ve bulanık mantık kuralları (Göloğlu ve Mızrak, 2008)

1	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Alık H ve	Kullanım Ömrü K	ise	Modül 1 EB
2	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü N	ise	Modül 1 B
3	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü U	ise	Modül 1 N
4	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü K	ise	Modül 1 EB
5	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü N	ise	Modül 1 B
6	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü U	ise	Modül 1 N
7	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü K	ise	Modül 1 N
8	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü N	ise	Modül 1 N
9	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü U	ise	Modül 1 N
10	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü K	ise	Modül 1 B
11	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü N	ise	Modül 1 N
12	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü U	ise	Modül 1 G
13	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü K	ise	Modül 1 N
14	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü N	ise	Modül 1 G
15	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü U	ise	Modül 1 G
16	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü K	ise	Modül 1 N
17	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü N	ise	Modül 1 G
18	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü U	ise	Modül 1 G
19	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü K	ise	Modül 1 N
20	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü N	ise	Modül 1 N
21	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü U	ise	Modül 1 G
22	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü K	ise	Modül 1 N
23	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü N	ise	Modül 1 G
24	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü U	ise	Modül 1 G
25	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü K	ise	Modül 1 G
26	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü N	ise	Modül 1 ÇG
27	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü U	ise	Modül 1 ÇG
28	Eğer	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü K	ise	Modül 2 EB	
29	Eğer	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü N	ise	Modül 2 B	
30	Eğer	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü U	ise	Modül 2 N	
31	Eğer	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü K	ise	Modül 2 B	
32	Eğer	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü N	ise	Modül 2 N	
33	Eğer	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü U	ise	Modül 2 G	
34	Eğer	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü K	ise	Modül 2 N	
35	Eğer	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü N	ise	Modül 2 G	
36	Eğer	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü U	ise	Modül 2 ÇG	
37	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Kullanım Ömrü K	ise	Modül 3 EB	
38	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Kullanım Ömrü N	ise	Modül 3 N	
39	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Kullanım Ömrü U	ise	Modül 3 ÇG	
40	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Kullanım Ömrü K	ise	Modül 3 B	
41	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Kullanım Ömrü N	ise	Modül 3 N	
42	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Kullanım Ömrü U	ise	Modül 3 G	
43	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Kullanım Ömrü K	ise	Modül 3 EB	
44	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Kullanım Ömrü N	ise	Modül 3 B	
45	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Kullanım Ömrü U	ise	Modül 3 N	
46	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü K	ise	Maliyet D
47	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü N	ise	Maliyet N
48	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü U	ise	Maliyet Y
49	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü K	ise	Maliyet N
50	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü N	ise	Maliyet N

51	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü U	ise	Maliyet N
52	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü K	ise	Maliyet N
53	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü N	ise	Maliyet N
54	Eğer	Montaj ve Demontaj B ve	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü U	ise	Maliyet N
55	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü K	ise	Maliyet D
56	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü N	ise	Maliyet N
57	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü U	ise	Maliyet Y
58	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü K	ise	Maliyet N
59	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü N	ise	Maliyet N
60	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü U	ise	Maliyet Y
61	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü K	ise	Maliyet N
62	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü N	ise	Maliyet N
63	Eğer	Montaj ve Demontaj N ve	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü U	ise	Maliyet Y
64	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü K	ise	Maliyet N
65	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü N	ise	Maliyet Y
66	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Ağırlık H ve	Kullanım Ömrü U	ise	Maliyet Y
67	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü K	ise	Maliyet N
68	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü N	ise	Maliyet N
69	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Ağırlık N ve	Kullanım Ömrü U	ise	Maliyet Y
70	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü K	ise	Maliyet Y
71	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü N	ise	Maliyet N
72	Eğer	Montaj ve Demontaj K ve	Ağırlık A ve	Kullanım Ömrü U	ise	Maliyet Y

ÖZGEÇMİŞ

Cihan MIZRAK 1984'de Karabük'te doğdu. İlk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı; Karabük Cumhuriyet Lisesi, Fen Bölümü'nden mezun olduktan sonra 2001 yılında Gaziantep Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümüne girdi. 2006 yılında Makine mühendisi unvanı ile mezun oldu. 2006 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programını sürdürmektedir. 2009 yılında girdiği Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi

Tel :

Faks :

E-posta : cihanmizrak@karabuk.edu.tr