ÇOK PARAMETRELİ SÜREÇLERDE BULANIK MANTIK İLE OPTİMİZASYON, PASLANMAZ DİKİŞLİ BORU İMALATI ÖRNEĞİ

Ayhan ŞAHİN
191402102

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı
Danışman: Prof. Dr. Emin Murat ESİN

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Eylül, 2022

ÇOK PARAMETRELİ SÜREÇLERDE BULANIK MANTIK İLE OPTİMİZASYON, PASLANMAZ DİKİŞLİ BORU İMALATI ÖRNEĞİ

Ayhan ŞAHİN
191402102
ORCID: 0000-0003-3989-8930

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı
Danışman: Prof. Dr. Emin Murat ESİN

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Eylül, 2022



JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli "Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge" ile bildirilen 6698 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli "Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge" ile bildirilen 6698 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmamın başından sonuna kadar yardımlarını esirgemeyen, akademik anlamda destek olan ve yol gösteren değerli hocam Prof. Dr. Emin Murat Esin'e, çalışmam boyunca beni anlayışla karşılayan kıymetli eşim ve kızıma, saha ve mühendislik çalışmalarında desteklerini esirgemeyen Makine Mühendisleri Sn. Serdar Yağcı ve Sn. Murat Kulaç'a teşekkür ederim.

Ayhan ŞAHİN

Eylül 2022

ÖZ

ÇOK PARAMETRELİ SÜREÇLERDE BULANIK MANTIK İLE OPTİMİZASYON, PASLANMAZ DİKİŞLİ BORU İMALATI ÖRNEĞİ

Ayhan Şahin
Yüksek Tezi
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Bilgisayar Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı
Danışman: Prof. Dr. Emin Murat Esin
Maltepe Üniversitesi Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü, 2022

Yapay zekâ teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte üretim süreçlerinin iyileştirilmesi, süreç sonunda hedeflenen ürünün üretilmesi, optimal girdilerle istenilen kalitede bir ürünün gerçekleştirilmesi, zamandan ve maliyetten tasarruf edilmesi, israf ve israfın önlenmesi gibi çalışmalar yaygınlaşmıştır.

Süreçleri oluşturan girdi ve çıktı parametrelerinin çok değişkenli ve dinamik olduğu imalat süreçlerinde, parametre konfigürasyonunu daimî olarak belirlemek zor olduğundan, değişen istekler çerçevesinde deneme yapıp ürün zaiyatı vermeden söz konusu parametre değerlerini belirlemek pek mümkün olmamaktadır.

Bu tez çalışmasında; Tungsten Inert Gas (TIG) kaynak yöntemi ile paslanmaz dikişli tavlı boru üreten bir üretim hattında, kaliteyi belirleyen çıkış değerlerinin kabul edilebilir olduğu durumlardaki optimal giriş değerlerinin bulanık mantık yöntemi ile belirlenmesi hedeflenmiştir. Diğer bir ifade ile istenen çıkış parametre değerlerine karşılık, optimal giriş değerlerinin belirlenmesine çalışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Çok Parametreli Süreçler, Bulanık Mantık, Optimizasyon, Paslanmaz Dikişli Boru İmalatı

ABSTRACT

OPTIMIZATION WITH FUZZY LOGIC IN MULTI-PARAMETER PROCESSES, STAINLESS WELDED PIPE MANUFACTURING EXAMPLE

Ayhan Şahin
Master Thesis
Department of Computer Engineering
Computer Engineering Master's Program with Thesis
Thesis Advisor: Prof. Dr. Emin Murat Esin
Maltepe University Graduate School, 2022

With the development of artificial intelligence technologies, studies such as improving production processes, producing the targeted product at the end of the process, realizing a product of desired quality with optimal inputs, saving time and cost, and preventing waste and waste have become widespread.

In manufacturing processes, where the input and output parameters that make up the processes are multivariate and dynamic, it is difficult to determine the parameter configuration permanently, so it is not possible to determine the parameter values in question without losing product by making trials for changing requests.

In this thesis study; In a production line that produces stainless welded annealed pipes with TIG welding method, it is aimed to determine the optimal input values in the desired quality, that is, under conditions where the output values that determine the quality are acceptable, by fuzzy logic method. In other words, it has been tried to determine the optimal input values against the desired output parameter values.

Keywords: Multi-Parameter Processes, Fuzzy Logic, Optimization, Stainless Welded Pipe Manufacturing

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI i

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI ii

TEŞEKKÜR iii

ÖZ iv

ABSTRACT v

İÇİNDEKİLER vi

TABLOLAR LİSTESİ viii

ŞEKİLLER LİSTESİ ix

KISALTMALAR x

BÖLÜM 1. GİRİŞ 1

Problem 1

Amaç 3

Önem 4

Kapsam ve Sınırlıklar 4

Tanımlar 4

BÖLÜM 2. YÖNTEM 6

2.1 Araştırma Modeli 6

2.2 Bulanık Mantık ve Gerekçesi 6

2.2.1 Bulanık mantık 7

2.3 Paslanmaz Dikişli Boru İmalatı 8

2.3.1 İmalat süreci 10

2.3.2 İmalat süreci aşamaları 12

2.3.3 Boru kategorileri 14

2.3.4 İmalat süreç değişkenleri 14

2.3.5 Girdi ve çıktı değişken ilişkileri 16

2.4 Bulanık Model 18

2.4.1 Bulanık model oluşturulma aşamaları 18

2.4.2 Bulanık modelin oluşturulması 19
2.5 TIG Hattı İmalat Optimizasyon Programı 33
2.5.1 Program iş akışı 34
2.5.2 Program ara yüzü ve veri girişi 44
2.6 İmalat Denemeleri 46
BÖLÜM 3. SONUÇ 48
KAYNAKÇA 50
ÖZGEÇMİŞ 53

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Parametrelere Göre Bulanık Alt kümeler 19
Tablo 2. Sertlik Çıkış Kümeleri İçin Kural Tablosu 25
Tablo 3. Kaynak Çapak Yüksekliği Çıkış Kümeleri İçin Kural Tablosu 26
Tablo 4. Kaynak Kalitesi Çıkış Kümeleri İçin Kural Tablosu 27
Tablo 5. Optimizasyon Kaynak Verileri 41
Tablo 6. İmalat Giriş Değerleri ve Çıkış Değerleri Sonuçları 46

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. TIG Hat Bant Genişlik Değerleri 10
Şekil 2. TIG Kaynak Üretim Süreci Temsili Akış Şeması 12
Şekil 3. İmalat Süreci Parametrik Etki Şeması 17
Şekil 4. Bulanık Model Oluşturulması Aşamaları 18
Şekil 5. Bulanık Model 19
Şekil 6. Üçgen Üyelik Fonksiyonu 20
Şekil 7. Tavlama Sıcaklığı Üyelik Fonksiyonu 21
Şekil 8. Çapak Alma Devri Üyelik Fonksiyonu 21
Şekil 9. Hat Hızı Üyelik Fonksiyonu 22
Şekil 10. Kaynak Akımı Üyelik Fonksiyonu 22
Şekil 11. Sertlik Üyelik Fonksiyonu 23
Şekil 12. Kaynak Çapak Yüksekliği Üyelik Fonksiyonu 23
Şekil 13. Kaynak Kalitesi Üyelik Fonksiyonu 24
Şekil 14. Mamdani Çıkarım Sonucu 30
Şekil 15. Ağırlık Merkezi Hesabı İçin Kütle Blokları 31
Şekil 16. Genel İş Akış Şeması 35
Şekil 17. Başlangıç Değerlerine Göre Çıkarımın Yapıldığı İş Akış Şeması 36
Şekil 18. İstenen Çıkışlara Göre Optimal Girişlerin Belirlendiği İş Akış Şeması- 1 38
Şekil 19. İstenen Çıkışlara Göre Optimal Girişlerin Belirlendiği İş Akış Şeması – 2 ... 40
Şekil 20. İstenen Çıkışlara Göre Optimal Girişlerin Belirlendiği İş Akış Şeması – 3 ... 42
Şekil 21. İstenen Çıkışlara Göre Optimal Girişlerin Belirlendiği İş Akış Şeması – 4 ... 43
Şekil 22. TIG Giriş-Çıkış Optimizasyon Programı – Veri Girişi 45
Şekil 23. TIG Giriş-Çıkış Optimizasyon Programı – Hesaplanan Değerler 46
Şekil 24. İmalat Optimizasyon Ekran Çıktısı 47

KISALTMALAR

YSA : Yapay Sinir Ağları

TIG : Tungsten Inert Gas

HRB : Rockwell Hardness B Scale

TS : Tavlama Sıcaklığı

ÇAD : Çapak Alma Devri

HH : Hat Hızı

KA : Kaynak Akımı

S : Sertlik

KÇY : Kaynak Çapak Yüksekliği

KK : Kaynak Kalitesi

ÇD : Çok düşük

D : Düşük

N : Normal

Y : Yüksek

ÇY : Çok yüksek

E : Evet

H : Hayır

COG : Center of Gravity

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Bu bölümde, araştırmaya konu olan problemin ne olduğu, amaç, önem, sınırlılıklar, kapsam ve tanımlar yer almaktadır.

Problem

Üretim yapan işletmeler için, istenilen standarttaki bir ürünü, zamanında, düşük fire oranı ile ve düşük maliyetle imal etmek çok önemlidir. İmalat girdi kalemlerinden olan enerji ve ham madde fiyatlarının sürekli arttığı, zaman içinde müşteri beklentilerinin değiştiği rekabetçi piyasa koşullarında, firmalar imalat süreçlerini kontrol edip iyileştirmek suretiyle varlıklarını sürdürebilirler.

Her işletmenin imalat süreçleri farklı olduğundan buna paralel olarak da süreç iyileştirme yöntemleri de farklılık göstermektedir. Özellikle süreçlerde göz önünde bulundurulması gereken çok sayıda etken ve bunlarda değişkenlik varsa; işletmeler süreç iyileştirme yöntemlerini çok iyi belirlemelidirler.

Bilindiği üzere; imalat işlemi yapılırken, tayin edilen bir takım giriş parametreleri süreç içinde belli etkilerle değişikliklere yol açarak beklenilen çıktıların elde edilmesi beklenir. Söz konusu bu çıkış değerlerinin belirli bir referans aralığında olması öncelikli olarak nihai mamulün geçerliliği adına birincil önceliktir. Ancak süreç sonunda, kaliteli bir ürünün, istenilen bir zaman diliminde ve yüksek karlılıkla imal edilmesi hedefleniyorsa, bu ürünün çıkış değerlerinin belirli bir referans aralığında olması tek başına yeterli değildir. Bunun için de yapılması gereken, hedeflenen çıkış değerlerinin, belirli bir referans aralığında kalması kaydıyla, zaman ve maliyet açısından optimal karlılığı sağlayacak giriş değerlerinin tespitidir.

Müşteri isteklerinin değişken olduğu, imalat girdi ve çıktı değişkenlerinin birbiri içerisine girdiği çoğu süreçte, bu değerlerin konfigüre edilmesi aşamasında halen; imalat ekibinin deneyimlerine dayalı ve doğal dilde sözel ifadelerin kullanılması yaygındır. Bu durum; ekibin deneyim derecesine göre bir deneme-yanılma süresi oluşturmakta; böylece imalata başlama süresini uzatmakta ve fire miktarını arttırmaktadır. Zaman ve malzeme kaybı demek olan bu süre sonunda elde edilen çözümün optimal olduğu da ayrıca tartışmalı olmaktadır.

Sonuç olarak; çok parametreli süreçlerin optimizasyonu işletmeler için büyük bir problemdir.

Oysa; kişilerin imalat deneyimini, onlardan bağımsız olarak ifade etmek ve optimizasyon için kullanmak mümkündür. Bulanık mantık yöntemleri; genel kabul görmüş bu tür deneyimleri ifade etmek ve taşınabilir olarak kullanmak bakımından önemli bir imkândır.

Bu çalışmada; dikişli boru imalatı yapan bir işletmede, istenilen en iyi çıkış değerlerini sağlamak üzere, belirli kriterler çerçevesinde optimal giriş değerlerinin tespit edilmesi probleminin çözümü için bulanık mantık yöntemlerine dayalı bir uzman sistemin oluşturulması hedeflenmiştir.

İmalat sektöründe tecrübeye ve bilgiye dayalı kararların alınmasında önemli bir yere sahip olan (Zeyveli & Güldaş, 2004) uzman sistemler, yapılan istatistiksel çalışmalar sonucunda, üretimin artmasında, kalitenin yükselmesinde ve en önemlisi de maliyetin azalmasında katkıları büyük olup (Kayır, Mergen, & Asal, 2019) problemlerin çözümünde, uzman bilgi, beceri ve tecrübelerini kullanmaktadırlar.

Literatürde uzman sistemler için yapılmış farklı tanımlar bulunmaktadır. Shafer (Shafer, 1990)'e göre uzman sistemler, insan zekâsının gösterdiği fonksiyonları makinelere yaptırabilmek için geliştirilen bilgisayar programlarıdır.

Samways ve Byrne-Jones (1991) uzman sistemleri, kullanıcılarına, alanında uzman kişilerin bilgi ve muhakeme yeteneklerine ulaşma ve bu yeteneklerden faydalanma imkânı tanıyan bilgisayar programları şeklide tanımlanmışlardır (Kurbanoğlu, 1992).

Jonhson, P.E (1983) tarafından yapılan tanıma göre, yapay zekâ tekniklerinden biri olan uzman sistemler, belirli bir alanda uzmanlaşmış kişiler tarafından tanımlanmış bilgi ve kurallara dayanarak o alanla ilgili problemlere çözümler getirip kararlar alınmasını sağlayan programlardır (Kayır, Mergen, & Asal, 2019).

N. Baykal ve T. Beyan (2004) tarafından yapılan, "Bulanık Mantık-Uzman Sistemler ve Denetleyiciler" adlı çalışmalarında uzman sistemler, bir uzmanın bilgilerine dayanılarak oluşturulan, problemleri çözmede olayları ve deneyimleri kullanan etkileşimli bilgisayar destekli karar araçları olarak tanımlanmıştır. (Önderoğlu, 2018).

Uzman sistemlerin kökeni, insan zekâsının bilgiyi işleme sürecinin makinelere aktarılması çalışmalarına dayanmaktadır (İçen, 2015) . Makinelerin bunu yapabilmeleri için de uzman bilgi ve tecrübelerini bünyelerinde barındırıyor olmaları yani söz konusu bilgi ve tecrübelerin bir şekilde makinelere aktarılması yoluyla bilgi tabanının oluşturulması gerekmektedir. Bunun sonucunda uzman sistemler, insan zekâsının problemi çözme yaklaşımlarına benzer yaklaşımla, bilgi tabanlarını referans alarak problemlere çözüm üretebilirler. Diğer bir ifadeyle uzman sistemlerin, konunun uzmanlarının bilgi, deneyim ve tecrübelerinden oluşan bilgi tabanlarını kullanarak problemler hakkında çıkarımda bulundukları söylenebilir.

Makine ve imalat sektöründe uzman sistemler ile yapılmış birçok akademik çalışmalar mevcuttur.

Muthsam (1990), prizmatik parçalara yönelik işlem planlamak üzere geliştirdiği bir uzman sistemle, frezeleme ve delik delme işlemleri için optimal kesici seçimini gerçekleştirmeyi başarmıştır (Kayır, Demirer, & Güneş, 2018).

Cus ve Mursec (2000), Microsoft Visual Basic programında, en düşük işleme maliyetini sağlayacak şekilde en iyi kesme koşullarının seçimine karar veren bir yazılım geliştirmişlerdir (Ensarioğlu, 2007).

Zeyveli M ve Güldaş A (2004) tarafından geliştirilen bir uzman sistem programı ile, taşlama işlemlerinde kullanılan zımpara taşlarının kural tabanlı seçilimi yapılmıştır (Zeyveli & Güldaş, 2004).

Yapılan çalışmalar değerlendirildiğinde, geliştirilen uzman sistemlerin imalat sektöründeki uygulamalarda yaygın olarak kullanıldığı görülmüştür.

Amaç

Bu çalışmanın temel amacı, çok parametreli süreçlerin olduğu bir imalat işleminde bulanık mantık temelli bir uzman sistem kullanılarak optimizasyonun sağlanmasıdır.

Değişken değerli çıkış parametrelerinin söz konusu olduğu bir imalat işleminde, başlangıçta öngörülen giriş değerleri ile sürece başlamak yerine, sürecin bulanık mantık

yaklaşımı ile geliştirilen bir program içerisinde simüle edilerek optimal giriş değerlerinin tespit edilmesi sağlanacaktır.

Önem

Problem başlığı altında da yer verildiği üzere, imal edilen ürünü istenilen kalitede ve zamanda, minimum maliyet ve maksimum verim ile gerçekleştirilmesi, işletmelerin yaşamlarını sürdürebilmeleri açısından son derece önem arz etmektedir.

Bu çalışma ile çok parametreli imalat sürecinde, üretim henüz gerçekleşmeden süreç giriş parametrelerinin optimize edilerek çıkarımı, geliştirilen bir program üzerinde denenecektir.

Daha sonra imalat yöneticilerinin kişisel deneyimlerine göre belirlenmiş giriş değerleri ile gerçekleştirilmiş üretim sonuçları ile programın önerdiği giriş değerleriyle yapılmış imalatın sonuçları karşılaştırılacaktır.

Kapsam ve Sınırlıklar

Bu araştırma, paslanmaz boru imalatı yapan bir firmanın, TIG Kaynak yöntemi ile üretim yapılan bir hat üzerinde gerçekleşen süreç parametrelerinin bulanık mantığa dayalı bir uzman sistem ile optimizasyonunu kapsamaktadır. Sahada yapılan imalat denemeleri bu hat üzerinde yapılmış olup geliştirilen yazılım da bu çerçevede üretilmiştir.

Firmanın, üretim hatlarındaki iş yoğunluğunun çok yüksek olması ve genelde siparişe özgü üretim yapılması dolayısı ile üretim çizelgelerinin günlük değişebilmesi deneme sayısı bakımından kısıt doğurmuştur.

Tanımlar

Paslanmaz Çelik: Paslanmayan çeliklerin genel adı olup, yapısında kütlece en az %10,5 krom (Cr) olan demir alaşımlarıdır (Kayır Z. Y., 2007).

Dikişli Boru: Boyuna kaynak yani dikiş kullanılarak imal edilmiş paslanmaz boru.

TIG Kaynak Yöntemi: Metal parçaları eritmek ve birleştirmek için kullanılan, ergimeyen tungsten bir elektrod ile iş parçası arasında meydana gelen ark ve kaynak

bölgesinin de asal bir gaz (argon, helyum, argon-helyum karışımı) tarafından korunduğu bir gaz altı kaynak yöntemidir (Kahraman & Durgutlu, 2005).

İndüksiyon Yöntemi: Yüksek frekanslı akımın oluşturduğu manyetik alanın, manyetik malzemeler üzerinde meydana getirdiği elektrik akımla sağlanan, elektriksel ısıtma yöntemidir (Çetin, 2005).

BÖLÜM 2. YÖNTEM

Bu bölümde, araştırma modeli, çalışmaya konu olan imalat süreçleri, bulanık mantık ve uygulama hakkında bilgilere yer verilmiştir.

2.1 Araştırma Modeli

Bu çalışma, başlangıçta uzman kişilerin tecrübeleriyle belirlenen fakat pratikte değişim ve gelişmelere paralel olarak tespitinin deneme yanılma yöntemleri ile içinden çıkılmasının zor olduğu imalat parametrelerinin, bulanık mantık yaklaşımıyla belirli kriterler çerçevesinde optimizasyonuna yönelik hazırlanmıştır.

Çalışmada, ilk önce saha içerisindeki üretim hattında gerçekleşen imalat süreçleri uzman kişiler eşliğinde incelenmiş, süreç girdi ve çıktıları tespit edilmiş, aralarındaki ilişkiler belirlenmiş ve bu çerçevede süreç bulanık mantık fonksiyonlarına uyarlanmıştır.

İmalat öncesi, en iyi şartlarda istenen çıktıları sağlamak için, giriş parametrelerinin optimal değerlerini öngörmek amacıyla Visual Studio ortamında C# dili ile bir masa üstü uygulaması geliştirilmiş ve denemeler yapılmıştır.

Yazılımın geliştirilmesi sürecinde, istenilen çıktının elde edilebilmesi için giriş parametrelerinin bağımsız olarak etkisini değerlendiren ve etkili parametrelerden başlayarak önem derecesine göre değer tayini yapılması ile sezgisel bir modeli oluşturmayı sağlayan birimsel katkı analizi yaklaşımı (Esin & Tahranlı, 2003) kullanılmıştır.

Son olarak, geliştirilen uzman sistem programın önerdiği parametrelerle yapılan imalatın sonuçları ile uzman kişilerin öngörüsüne göre yapılan imalat sonuçları karşılaştırılmıştır.

2.2 Bulanık Mantık ve Gerekçesi

Bu tez çalışmasında, araştırma modelinin bir parçası olan ve imalat süreçlerinin uyarlandığı bulanık mantık yaklaşımının ve kullanım gerekçelerinin daha iyi anlaşılması amacıyla, aşağıdaki bölümde bulanık mantığın temelleri ve konuyla ilişkilendirilmesi anlatılmaktadır.

2.2.1 Bulanık mantık

Aristo mantığı olarak da tabir edilen klasik mantıkta, doğru ve yanlış kavramları kesin olarak birbirinden ayrılmıştır. Yani bir mantıksal önerme doğru ise 1 ve yanlış ise 0 olup hiçbir ara değere ya da değerlere yer verilmemiştir. Bu da klasik mantık ile akıl yürütürken, düşünülen durumların tamamen belirgin olup çelişkili durumların olmamasını gerektirir. Ancak bütün durumların, olayların ve süreçlerin mutlak belirgin ve kesin sınırlarla ayrılmış olması beklenemez.

Gerçek dünyada, belirli matematiksel modellerle sonlu olarak tanımlanamayan, süreçlerinde eksik bilgilerin olması veya insanların çıkarımlarına dayanan en önemlisi de yapılan çıkarımların göreceli olduğu problemler ve durumlar vardır. Böyle durum veya problemler için, belirli bir sistematik kullanılarak öngörüde bulunmak veya numerik öngörülerin yapılabilmesi çok zor, hatta bazı durumlarda imkânsızdır. Böyle bir durumda ancak bir takım kabul ve varsayımlar yapılarak kesin olmasa da kabul edilebilir düzeyde öngörülere ulaşılabilir.

Matematiksel modellerle sonlu bir şekilde tanımlanamayan bir sistemi ve süreçlerini, olabildiğince öğrenmeye paralel olarak, hakkındaki belirsizlikler en aza indirebilir fakat bütünüyle ortadan kaldırılamaz. Söz konusu sistem için yeterli düzeyde veri yok ise sistemin karmaşıklığı buna paralel olarak belirsiz yani bulanık olacaktır.

Süreç kapsamındaki verilerin, eksik, belirsiz ve kesin olmadığı endüstriyel süreçleri, üretim süreçleri ve daha birçok alanda bu verilerle uğraşmak, değerlendirmek ve bu verilerden yaklaşık da olsa tutarlı sonuçlar üretip çıkarımlarda bulunmak zaman ve maliyet açısından çok zordur. Süreçleri ve sürece ait verileri bu kapsamda değerlendirilen işletmeler, zor ve çetin piyasa şartlarında öncelikli olarak varlıklarını sürdürmek, müşteri beklentilerine cevap vermek ve istenilen kalitedeki ürünün optimal zaman ve maliyette arzını sağlamak için şüphesiz ki sürece ait söz konusu verilerini değerlendirebilmek, sonuçlar üretmek ve bu verilere dayalı çözüm sistemlerini oluşturabilmek için ekonomik, esnek, kolay ve anlaşılabilir bir matematiksel alt yapı geliştirmek ve en önemlisi bu alt yapıyı bilgisayarlı teknolojiler üzerinde kullanmak zorundadırlar.

Bilgisayarlı ve özellikle yapay zekâ teknolojilerinin çok geliştiği ve bütün mühendislik uygulamalarında kullanıldığı günümüzde, işletmeler de buna paralel olarak belirgin ya da belirsiz olan bütün süreçlerini bu teknolojiler üzerinde sürdürmek istemektedirler. Bilindiği üzere çoğu program, sayısal olmayan ve belirsizliğin olduğu sözel ifadelerde, insan düşünce sisteminde olduğu gibi zihninde canlandırıp yaklaşık olarak ta çıkarımda bulunamazlar. Bu durum da işletmelerin, belirsiz ve yetersiz verilere sahip olan süreçlerini, matematiksel modele dayalı sistem içerisinde kurgulamalarını engeller.

Bütün bu verilerden hareketle ve çözüm noktasında, matematiksel olarak modellenmesi güç hatta bazı durumlarda imkânsız olan, içeriğinde eksik bilgi veya insan zihninde işlenebilecek sözel ifadeleri kapsayan verilerin olduğu problemlerin çözümünde, insana özgü bakış açısı ile tamamen sonlu olmayan ama yaklaşık olarak ta sonuç üretebilme kabiliyetine sahip bir yaklaşıma ihtiyaç duyulacaktır. Bu yaklaşıma uyacak en ideal araç yapay zekâ teknolojilerinin bir alt dalı olan bulanık mantıktır.

2.3 Paslanmaz Dikişli Boru İmalatı

Üretim yönetimi içerisinde yer alan imalat, çeşitli değişkenlerin ve parametrelerin etkilediği, belirli bir sistem içerisinde yer alan süreçlerden oluşmaktadır. Oluşturulan sistemin her anlamda verimli ve kaliteli olabilmesi için, süreç niteliklerinin ve süreci etkileyen değişkenlerin net bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir.

İmalat süreci sonunda, istenilen kalitede ürün elde etmek, değişkenlerin ve parametrelerin doğru bir şekilde konfigürasyonuna bağlı olup, çeşitli nedenlerden dolayı süreci etkileyen parametrelerdeki değişim kalitenin azalmasına, maliyet ve zaman kayıplarına neden olabilir.

İmalat sistemi ve süreçlerinin temel hedefi, nihai ürünü istenilen çıktılar ile üretmekle beraber, burada müşteri taleplerini de dikkate almayı gerektirir. Bu açıdan bakıldığında, müşteri beklentileri süreçlerin belirlenmesi ve tetiklenmesinde aktif olarak yer almaktadır. Dolayışı ile imalat süreçleri ve değişkenlerinin belirlenmesinde müşteri talepleri de dikkate alınmalıdır.

İşletmeler imalat faaliyetlerinde, zaman, maliyet ve müşteri talebi çerçevesinde, istenilen kalitedeki mamulü üretmek adına, sistem ve süreçlerini belirli yöntemlere göre

tasarlamak zorundadırlar. Firmaların hedeflerine ulaşması, doğru bir şekilde süreçleri belirlenen imalat sistemleri ile mümkündür.

İmalat süreçlerinin kurgulanmasında, süreçler ve sürece ait değişkenlerde belirsizlikler olması, sürecin matematiksel bir modele dayandırılmasının önünde bir engeldir. Bu açıdan bakıldığında, müşteri talepleri ve taleplerde olan değişikliklerin göz önünde bulundurularak, zaman ve maliyet açısından verimli bir üretimi belirsiz şartlarda gerçekleyen yöntemi belirlemek farklı yaklaşım ve teknikler gerektirmektedir.

Paslanmaz çelik dikişli boru imalatı, imalat yapan bir üretim işletmesindeki TIG kaynak yöntemi prensibine dayanan üretim hattı üzerinde, üretilecek boruya uygun bant genişliğindeki yarı mamulün hatta yüklenmesinden, nihai mamul olan borunun elde edilmesine kadar olan süreci kapsamaktadır.

İmalat işlemi öncesinde, temelde, müşterinin kesinleşmiş ve muhtemel olacak siparişleri, nihai mamul, yarı mamul ve ham mamul stok miktarları ve üretim çizelgesinin durumu ekseninde genel üretim planlaması yapılır. Yapılan üretim planlamasında, boruya uygun ölçüye sahip bant (Rulo şeklindeki yarı mamul sacın boruya uygun genişliği, yani boru çapı çevresinin uzunluğu) genişliğindeki yarı mamulün hazır olması öncelikli bir durumdur. Yarı mamul olan dilinmiş rulo şeklindeki saclar, Şekil 1'de görüldüğü üzere, üretilecek boru ölçüsüne uygun bant genişliğinde, sadece söz konusu o boru ölçüsünde kullanılmak üzere, ham mamulden, dilme diye tabir edilen ve zaman alan işlem ile elde edilirler. Dolayısı ile, dilme işlemi öncesi, işlemin planlamasının, geri dönüşü olmayan süreç olması bakımından çok iyi yapılması gerekmektedir. Ham mamuller ise işlenmemiş sac olup genelde yurt dışı piyasadan zaman bakımından uzun süren ithalat işlemleri ile satın alınırlar.

İmalat işlemi öncesi, giriş parametrelerinin doğru bir şekilde belirlenememesi sadece boru hurdasının çıkışına yol açmaz, aynı zamanda söz konusu bu boru için kullanılacak yarı mamulün de atıl olmasına yol açar. Şöyle ki; Şekil 1'de, dikey eksende boru çapı ölçüleri, yatay eksende boru kalınlıklarına göre yarı mamul bant genişlikleri verilen tabloda da görüldüğü üzere, her bir boru ölçüsü ve kalınlığı için farklı bant genişliğinde kesilen yarı mamul sac kullanılmaktadır. Üretim sonunda, fazla miktarda hurdanın çıkması sebebi ile istenilen miktarda sağlam boru elde edilemez ise boruya uygun bant

genişliğindeki (boru çapını veren çevre uzunluğundaki) yarı mamul tekrardan dilinmelidir. Ham mamul saclardan, üretilmesi gereken boru ölçülerinin tamamı dikkate alınarak yapılan hesaplama sonucu, minimum ham sac hurdası ile yarı mamul sac elde edilmeye çalışılır. Bu nedenlerden dolayı, imalatı maksimum verim ile yapmak çok önemlidir.

Sonuç itibarı ile gerek hazırlık gerekse de üretim aşaması maliyetli olan bu süreçleri optimize etmeden önce, süreçleri, süreç giriş ve çıkış değişkenlerini, değişkenlere ait nitelikleri ve aralarındaki ilişkileri net olarak ortaya koymak gerekmektedir.

BANT GENİŞLİKLERİ TABLOSU

Ölçü (mm)		Kalınlık (mm)												
Boru	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20	1,50	2,00	2,50	2,77	3,00	3,50	4,00
19	59,9	59,8	59,7	59,6	59,5	59,4	58,7	58,2	57,2	56,2				
20	62,7	62,6	62,5	62,4	62,3	62,2	61,5	61,0	60,0	59,0				
21,3	66,7	66,6	66,5	66,4	66,3	66,2	65,5	65,0	64,0	63,0	62,5	62,0		
22				***68,0***	***68,2***	***68,5***	***67,7***	***67,1***	***66,0***	***64,8***				
25		78,5	78,4	78,3	78,2	78,0	77,7	77,0	75,5	74,5	74,0	73,0		
25,4							78,7	78,2			75,0			
26,9		84,5	84,4	84,3	84,2	84,0	83,5	83,0	81,0	80,0	79,5	79,0		
28		87,5	87,4	87,3	87,2	87,0	86,5	86,0	85,0	84,0	83,5	83,0		
29		***91,1***	***91,1***	***91,0***	***90,7***	***90,5***	***90,0***	***89,5***	***88,0***	***87,3***	***86,8***	***86,3***		
30		94,6	94,7	94,6	94,2	94,0	93,5	93,0	91,0	90,5	90,0	89,5		
32		101,4	101,3	101,2	101,1	101,0	100,0	99,0	97,5	97,0	96,5	96,0		
33,7		106,4	106,3	106,2	106,1	106,0	105,0	104,0	103,0	102,0	101,0	100,0		
34						107,2	106,8	***104,4***						
35		109,7	109,5	109,4	109,3	109,3	109,2	109,0	107,5	106,5	105,5	105,0		
38				119,7	119,6	119,4	119,0	118,0	117,0	116,5	115,6	115,0		
40				127,3	127,2	127,0	126,0	125,0	124,0	123,0	122,5	122,0		
41				***130,2***	***130,1***	***129,9***	***128,9***	***127,9***	***126,9***	***125,9***	***125,2***	***124,5***		
42,4				134,3	134,2	134,0	133,0	132,0	131,0	130,0	129,0	128,0		
48,3				152,4	152,3	152,0	151,0	150,0	149,0	148,0	147,0	146,0		
51						162,0	161,0	160,0	158,5	157,0	156,0	155,0		
52						165,0	164,0	162,5	161,5	161,0	160,0	159,0		
53						168,0	167,0	165,5	164,5	163,3	162,3	161,3		
60,3						190,0	189,0	188,5	187,0	185,0	184,5	184,0	183,0	182,0
63,5						200,0	199,0	198,0	197,0	196,0	195,5	195,0	194,0	193,5
70						222,5	221,5	220,5	219,0	218,5	218,0	217,0	216,0	215,5
76,1						241,0	240,0	239,0	238,0	236,7	236,0	235,0	234,0	233,5

Şekil 1. TIG Hat Bant Genişlik Değerleri

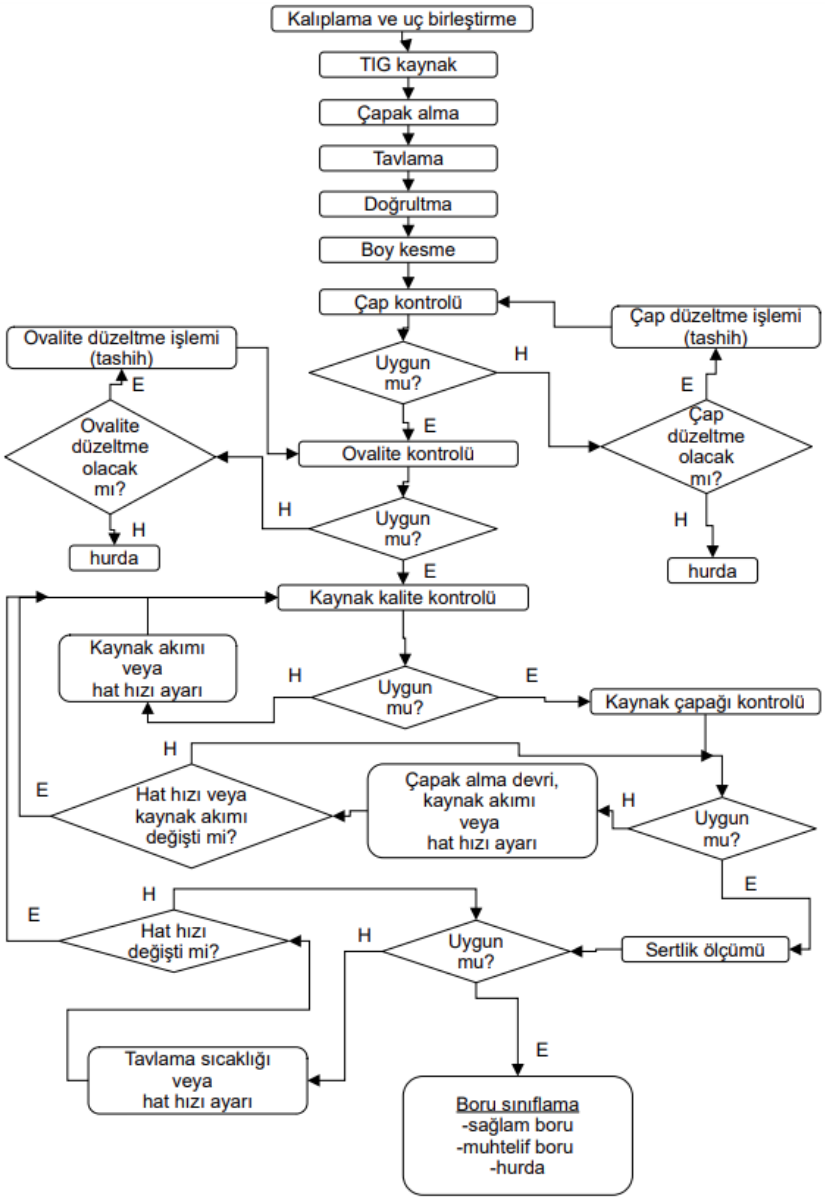
2.3.1 İmalat süreci

Şekil 1'de görüldüğü üzere, üretilecek boru ölçüsüne uygun bant genişliğindeki dilinmiş rulo şeklindeki sac üretim hattına yüklendikten sonra, sırasıyla, kalıplama, TIG kaynak, çapak alma, tavlama, doğrultma, boy kesme, kalite kontrolü ve sınıflama aşamalarından geçerek nihai mamul olan borunun üretimi tamamlanmış olur.

Üretim hattı, yerleşkenin içinde, her aşamasının gerçekleştiği fiziksel modüller arka arkaya dizilmiş olarak tek üretim hattı şeklindedir. Yani Üretim hattına yüklenen bobin,

tek hat üzerinde, ardışık modüllerde işlenerek, boru istenen uzunlukta kesilinceye kadar doğrusal bir şekilde ilerler.

Bu durum; etkileşim olarak birbiri içerisine geçmiş giriş-çıkış değişkenlerinin konfigürasyonunda birçok parametrenin uzmanlık bilgisiyle göz önünde bulundurulması gerektiği çok parametreli sürecin oluşmasına yol açar. Şekil 2'de verilen, TIG kaynak üretim süreci temsili akış şemasında görüldüğü üzere, üretim süreci tek hat yerine modüler, yani her bir parçası başka bir tezgâhta üretilip sonradan diğerine aktarılan bir süreç olsaydı söz konusu giriş-çıkış parametrelerinin konfigürasyonunun daha basit olacağı açıktır. Yapı olarak, tek hatlı imalat; atıl ürün diye tabir edilen hurdaya ya da muhtelif diye tabir edilen standart dışı uzunluktaki, mali değeri oldukça düşük ürünlerin oluşumuna yol açmaktadır.



Şekil 2. TIG Kaynak Üretim Süreci Temsili Akış Şeması

Şekil 2'deki akış şeması göz önünde bulundurularak, TIG kaynak hat üzerinde gerçekleşen imalat sürecinin aşamaları ve temel kavramlar aşağıda verilmiştir.

2.3.2 İmalat süreci aşamaları

Kalıplama ve uç birleştirme: Uygun kalınlık ve bant genişliğinde, üretim hattına yüklenen düz plaka şeklindeki rulo sacın, boru nihai çapını verebilen makaraların dört eksende baskı uygulaması neticesinde, aşamalı bir şekilde kıvrılarak silindir biçimine getirilmek suretiyle iki ucun bir araya getirilme işlemidir.

TIG kaynak: Kalıplama ve uç birleştirme işlemi sonucunda uçları bir araya getirilen silindirik formdaki sacın, boyuna dikilmesi yani kaynak yapılması işlemidir. Piyasada, dikişli paslanmaz çelik boru tabiri buradan gelmektedir. Yapılan kaynağın oluşturduğu bölgenin, borunun kaynak harici kalan bölgeden daha sağlam olması beklenir.

Çapak alma: Boyuna kaynak yapılan boruda, kaynağın geçtiği doğru boyunca kaynak çapağı oluşur. Yapılan kaynağın sağlam olmasının yanında, oluşan bu kaynak çapak yüksekliğinin de belirli bir seviyede olması beklenmektedir. TIG kaynak üretim hattındaki çapak alma ünitesi, kaynak çapak yüksekliğini hedeflenen seviyeye getirme görevini üstlenmektedir.

Tavlama: Üretim hattında, soğuk şekillendirme ve kaynak sonrası, paslanmaz çeliğin yapısında meydana gelen değişlikleri normalleştirme amacıyla, çeliğin dayanıklılık, kırılganlık ve sertlik gibi fiziksel özelliklerinin güçlendirilmesi için uygulanan işlem adımıdır. Saha içerisindeki uzamanlar tarafından, yer yer gerilim giderme tavlaması da olarak tabir edilen bu ısıl işlemin temel amacı, sertliğin istenilen değer aralığına getirilmesidir. Hat üzerinde, kaynak ve çapak alma işlemi sonrası, içerisine hidrojen gazı verilerek izole ortam sağlanmış kuvars cam içerisinden geçen boru, indüksiyon yöntemi ile ısıtılır.

Doğrultma: Soğuk şekil verme ve kaynak sonrasında borunun doğrusallığının bozularak ovalleşmesini önlemek adına, borunun doğrusal bir makara sisteminden geçirilerek yapılan bir işlem adımıdır.

Boy Kesme: Hattın üzerinde, üretilen borunun hareketine senkron çalışan, yani en son doğrultma ünitesinden çıkan boru ile kesim olana kadar beraber hareket eden testere sistemi ile, borunun belirli standart ya da müşteri tarafından belirlenen özel uzunluk ölçüsünde kesilmesi işlemidir. Burada, hedef uzunluk, standarttaki toleranslar dahilinde, bütün boru boyları için gerçekleştirilmiş olmalıdır. Aksi bir durumda, yani muhtelif uzunluk diye tabir edilen, hedef uzunluktan, toleranslar harici belirgin olarak daha kısa olan borular fiyat olarak değeri düşecek olup sağlam boru sınıfında yer almayacaklardır.

2.3.3 Boru kategorileri

İmalat esnasında, Şekil 2 üzerinde de görüldüğü üzere, konfigürasyonun sağlanması adına, uzman direktifleri doğrultusunda, deneme yanılma yolu ile yapılan değerlerin değişimi sonucu borunun hasar görmesi (örneğin yüksek kaynak akımına maruz kalan bir boru yüzeyinde delinme) ve imalat sonunda üretilen borunun istenen çıkış değerlerini sağlayamaması nedenleri ile bu tip borular sağlam olanlarından ayıklanır. Sonuç itibarı ile üretilen borular, farklı mali değerleri yani farklı fiyatları olacağından, sağlam, muhtelif boy ve hurda olarak sınıflandırılır.

Sağlam Boru: Hedeflenen bütün çıkış değerlerini toleranslar dahilinde karşılayan, yapılan ölçüm ve muayenelerden, toleranslar dahilinde kusursuz olarak geçmiş, mali olarak en değerli borudur.

Muhtelif Boru: Ulaşılmak istenen çıkış değerlerini karşılamış fakat standart uzunluktan daha kısa olan ve mali değeri sağlam boruya göre belirgin derecede düşük olan borulardır. Bu parça borular müşteriye, sağlam boruya göre kıyaslandığında oldukça düşük satılırlar ve satış hareketleri düşük olup ekstra bir pazarlama çabası gerektirir.

Hurda: Çıkış değişken değerlerini karşılamayan ya da üretim esnasında delinme, çatlama ve yamulma gibi nedenlerle bütün vasıflarını yitirmiş atıl çelik yığınıdır. Sektörde hiçbir işlevi kalmayan hurda parçalar geri dönüşüm firmalarına oldukça düşük fiyattan kilogram olarak satılırlar. İmalatta istenmeyen durum olmakla beraber satılma ihtimallerinin de düşük olması nedeni ile fiziksel alan işgal ederler. Bu anlamda mali değerleri nerdeyse hiç olmadığı gibi yasal olarak stok beyanlarında olacağından firmaya vergi külfeti doğurmaktadır.

2.3.4 İmalat süreç değişkenleri

TIG kaynak yöntemi ile yapılan imalata ait süreç değişkenlerinden olan giriş değişkenleri sürecin girdileri, çıkış değişkenleri ise boruyu kategorize eden, borunun kalite ve geçerlilik bakımından değerlendirilmesini sağlayan süreç çıktılarıdır. Giriş değişken değerlerinin belirlenmesi ve pratik süreç içerisinde şekil 2'de üretim sürecinin kalite kontrolü aşamalarında görüldüğü üzere, yer yer konfigüre edilmesi sonucu, hedeflen çıktılara ulaşılır.

Çok parametreli bu imalat sürecinde, isteklerin ve şartların değişken olduğu göz önünde bulundurularak, değişken çıkışlara karşılık gelen imalat giriş değerlerinin belirlenmesi ve süreç içinde ayarlanması, geçmiş üretimlerden kazanılan tecrübenin var olmasına rağmen çoğunlukla sezgi ve uzman görüşüne dayanır. Pratik süreç işlerken değişen durmalarda, söz konusu giriş değişken değerleri için verilen direktifler "biraz azalt / biraz arttır" gibi sözlü ölçütlerle ifade edilen formda yani bulanıktırlar. Dolayısı ile, değişen durumlarda giriş değişkenlerinin değerini belirlemek ve karşılığı olan çıkış değerleri ile arasında ilişki kurup sistemleştirmek bulanık yaklaşımla mümkün olmaktadır.

Sürece ait, bulanık model dâhilinde değerlendirilen giriş ve çıkış değişkenleri hakkındaki bilgiler aşağıda verilmiştir.

Tavlama Sıcaklığı: Üretim sürecinde giriş değişkeni olup, tavlama işlemin değer tipidir ve birimi santigrat derece) cinsinden ölçülür. Tavlama sıcaklığının elde edilmesi yüksek bir elektrik enerjisi ile olup üretimin maliyetinin en yüksek girdi kalemidir ve bu yüksek maliyet doğuran girdi değerinin, boru kalitesini bozmayacak şekilde olabildiğince düşük tutulması gereklidir.

Kaynak Akımı: Kaynak işleminin yapılmasını sağlayan elektrik akımı olup birimi amperdir (A). İmalat işlemi öncesi ve süreç içerisinde değerinin doğru bir şekilde belirlenmesi gerekir. Aksi takdirde, kaynak akımının, olması gerekenden yüksek olduğunda borunun delinmesine ve düşük olması durumunda boru dikişinin kopmasına neden olmaktadır. Tavlama sıcaklığından sonra, üretimde yüksek maliyet oluşturacak ikinci girdi kalemidir ve boru kalitesinin bozulmayacağı şartlar sağlanarak minimum tutulması gerekmektedir.

Hat Hızı: Bir birim yani bir metre borunun üretilmesi için geçen zamanın dakika cinsinden veren üretim hattının hız değeridir ve birimi metre / dakikadır. Hat hızı değeri, süreçte, bütün çıktıların değerini etkilemesi ve imalat zamanlaması bakımından önemli bir yere sahiptir. Hat hızını sağlayan enerji elektrik enerjisi olması bakımından, tavlama sıcaklığı ve kaynak akımı kadar olmasa da üretimde maliyet doğuran girdi kalemidir. İmalat işleminin hedefi, istenen standartlara sahip boruyu zamanında üretmek olduğundan genelde buradaki hat hızının yüksek olması göz ardı edilebilir. Ancak zaman

kısıtlamasının olmadığı stok üretimlerinde hattın hızı düşürülerek maliyet kazancının olması söz konusu olabilir.

Çapak Alma Devri: Kaynak sonrası boru yüzeyinde oluşan çapağın istenilen seviyeye getirilmesini sağlayan üniteye ait motorun dakika cinsinden devrini ifade eder ve birimi devir/dakikadır. Üretim maliyetinde bu girdinin değeri genelde önemsenmez.

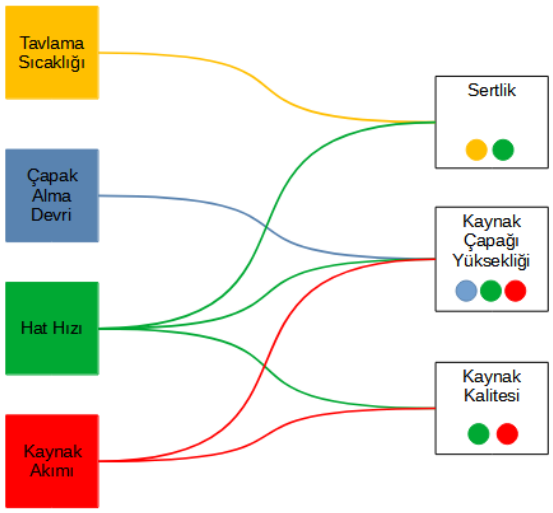
Sertlik: İmalat işleminde, soğuk şekillendirme ve kaynak sonrası malzemenin yapısında oluşan ve tavlama ile normalize edilmeye çalışılan değer olup birimi HRB'dir. Nihai üretilen boruda çıkış değeridir olup, borunun kalitesinde değerlendirilen bir kriterdir ve ölçümü firma bünyesindeki kalite kontrol laboratuvarda sertlik ölçüm cihazı ile yapılır.

Kaynak Çapak Yüksekliği: TIG kaynak yöntemi ile dikilen borunun, kaynaklı bölgesindeki çapağın yüksekliği olup birimi milimetre (mm) cinsinden ifade edilir. Borunun kalitesinde değerlendirme kriteri ona bu çıktı değerinin ölçümü yetkili kişi tarafından kumpas ile yapılır.

Kaynak Kalitesi: İmal edilen borunun, kalitesinin değerlendirilmesinde en önemli yere sahip olan çıktı değeridir. Kaynağın kalitesinden beklenen temel işlev, kaynak bölgesinin borunun diğer kısımlarına nazaran daha sağlam olması yani maruz kalınan kuvvete daha fazla direnç göstermesi beklenir. Bu bakımdan kaynağın dayanıklılığını ölçmek amacıyla, firma bünyesindeki kalite laboratuvarında ağız genişletme testi yapılır ve bu test ile beklenen, kaynağın, boru çapının minimum %17'si kadar genişledikten sonra kopmasıdır. Aranan minimum %17 genişleme şartına karşılık, belirli bir üst limite kadar (malzemenin kopma eşiğine kadar), bu noktadan sonraki her değer için kaynak kalitesi yüksek olmaktadır.

2.3.5 Girdi ve çıktı değişken ilişkileri

Aşamaları Şekil 2'de verilen imalat sürecinin parametrik etki şeması Şekil 3' de görülmektedir.



Şekil 3. İmalat Süreci Parametrik Etki Şeması

Şekilde görüldüğü üzere, bir çıkış değerini, istenilen seviyeye getirilmek için, karşılığı olan giriş değerinde yapılan bir değişiklik, başka çıkışları da etkilemektedir. Yani herhangi bir giriş parametresi birden çok çıkış değerini belirlemektedir. Bu nedenledir ki, pratikte değişken şartların olduğu ve uzman aklıyla hareket edilen bir ortamda, imalat giriş ve çıkış ilişkilerini matematiksel modele dayalı bir sistem içerisinde, istenen çıkışlara karşılık gelen giriş parametrelerini belirlemek mümkün değildir.

Söz konusu bu çalışmadaki imalat sürecinde, istenilen hedeflere ulaşmak yani belirlenen değer aralıklarındaki çıktıları elde edebilmek, her ne kadar mühendislik standartları ve geçmişten gelen veriler olsa da imalatı gerçekleştirmek için, giriş değerlerinin konfigürasyonu, temelde uzman aklı ve direktiflerine dayandığı için, geleneksel deneme yanılma yöntemi ile yapılmaktadır.

Bütün bu nedenlerden dolayı, uzman akıl tarafından yönetilen, sezgisel ve tecrübeye dayalı bu süreci matematiksel bir sistem içerisinde değil de bulanık mantık yaklaşımlı bir model ile ifade etmek gerekir.

Bulanık mantık ile, bu çalışmadaki imalat sürecini optimize edebilmek adına, giriş ve çıkış değişkenleri arasındaki ilişkinin yani, süreçte hangi girişin hangi çıkışa karşılık geldiğini ya da istenen çıkışı sağlayacak olan giriş değişken setini öncelikli olarak belirlemek gerekir.

Buradan yola çıkılarak öncelik sıralamasına göre:

- Sertlik çıkış değerini tavlama sıcaklığı ve hat hızı değerleri belirler.
- Kaynak çapak yüksekliği çıkış değerini çapak alma devri, hat hızı ve kaynak akımı belirler.
- Kaynak kalitesi çıkış değerini hat hızı ve kaynak akımı belirler denilebilir.

2.4 Bulanık Model

2.4.1 Bulanık model oluşturulma aşamaları

Bulanık modelin kurulmasında ilk aşama, tanımlanan probleme ait parametrelerin belirlenerek üyelik fonksiyonlarının oluşturulmasıdır. Daha sonraki aşamada ise, değişkenlere ait ilgili parametreler ve bulanık alt kümeler çerçevesinde oluşturulan ve problemin çözümünde kullanılacak olan kurallar setinin yani kural tabanının oluşturulması gerçekleştirilir.

Üçüncü aşamada, kurallar setinden yola çıkılarak çıkarım yöntemi belirlenir.

Son aşamada ise, çıkarımı yapılan bulanık değerin tekrardan durulaştırması olan, kontrol çıktısı olarak kullanılacak şekilde sayısallaştırılması işlemi yapılır.

Bulanık modelin kurulması aşamaları aşağıdaki gibi Şekil 4'te verilmiştir.

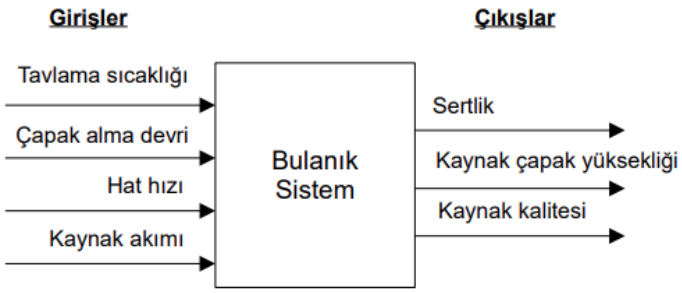


Şekil 4. Bulanık Model Oluşturulması Aşamaları

2.4.2 Bulanık modelin oluşturulması

2.4.2.1 Parametreler ve üyelik fonksiyonları

Bu tez çalışmasındaki bulanık model parametreleri, imalat giriş ve çıkış değişkenlerinden oluşmaktadır. Şekil 5'te görüldüğü üzere, tasarlanan modelde 4 giriş ve 3 çıkış parametresi bulunmaktadır.



Şekil 5. Bulanık Model

Parametrelere ait üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinden önce, bulanık mantık yaklaşımlarında, sınırları olmayan sözel değişkenlerin matematiksel olarak ifade edilmelerini sağlayan bulanık kümelerin belirlenmesi gerekmektedir. Her üyelik fonksiyonuna ait bulanık alt kümelerin belirlenmesinde, imalatı gerçekleştiren uzman kişilerin kullandığı sözel terimler dikkate alınmıştır. İmalat sürecine ait parametreler ve bulanık kümeleri Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Parametrelere Göre Bulanık Alt kümeler

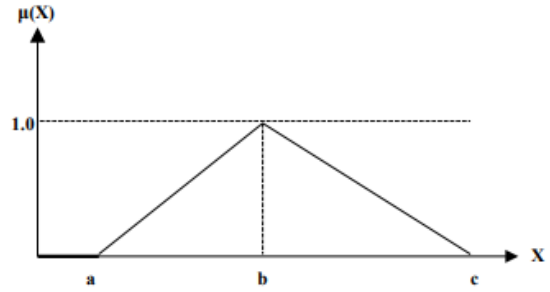
Parametre tipi	Parametre	Bulanık alt kümeler
Giriş parametresi	Tavlama sıcaklığı	Düşük, normal, yüksek
Giriş parametresi	Çapak alma devri	Düşük, normal, yüksek
Giriş parametresi	Hat hızı	Düşük, normal, yüksek
Giriş parametresi	Kaynak akımı	Düşük, normal, yüksek
Çıkış parametresi	Sertlik	Çok düşük, düşük, normal, yüksek, çok yüksek
Çıkış parametresi	Kaynak çapak yüksekliği	Çok düşük, düşük, normal, yüksek, çok yüksek
Çıkış parametresi	Kaynak kalitesi	Çok düşük, düşük, normal, yüksek, çok yüksek

Bulanık mantık ile çözülmesi hedeflenen bu çalışmadaki problemde, küme tanım aralığındaki herhangi bir değerin, bulanık alt kümelere olan aidiyet derecelerini belirleyen

üyelik fonksiyonlarının oluşturulmasında ve fonksiyon türünün seçilmesinde uzman kişilerin tecrübeleri ve sezgileri etkili olmuştur. Zaten bir problemin de bulanık mantık yaklaşımları ile çözülmesinin temel sebebi, problemin yapı itibarı ile sezgisel olmasından kaynaklıdır. Pratikte bu tür problemlerle, optimal zaman ve maliyet açısından başa çıkabilmek için, sezgi, tecrübe ve uzman akıl başlangıçta yeterli olacaktır.

Bulanık alt kümeler ve değer aralıkları göz önünde bulundurularak, bu çalışmadaki problemin yapısına uygun olması ve yapılan çalışmalarda kullanımı yaygın olması nedeni ile üçgen üyelik fonksiyonu türü kullanılmıştır. Fonksiyonda, herhangi bir değer için üyelik derecelerinin nasıl hesaplandığını göstermek adına, üçgen üyelik fonksiyonun grafiksel gösterimi ve matematiksel formülasyonu aşağıda verilmiştir.

Şekil 6'daki üyelik fonksiyonunda, bulanık bir alt kümenin bütün değerlerini içeren aralığı x ile temsil ettiğimizde, kendisini tanımlayan a, b ve c gibi parametreler vardır.



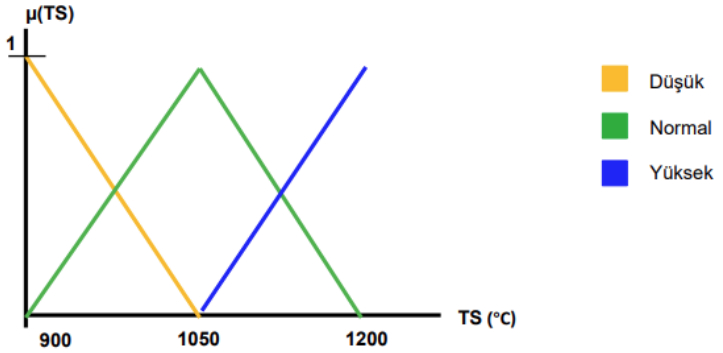
Şekil 6. Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Üyelik fonksiyonu grafiğinde, herhangi bir x noktasına ait üyelik derecesinin hesaplanması, aşağıdaki matematiksel ifadeye göre (2.1) yapılmaktadır. (Baykal & Beyan, 2004)

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, & x \le a \\ \dfrac{x-a}{b-a}, & a \le x \le b \\ \dfrac{c-x}{c-b}, & b \le x \le c \\ 0, & c \le x \end{cases} \qquad (\mathbf{2.1})$$

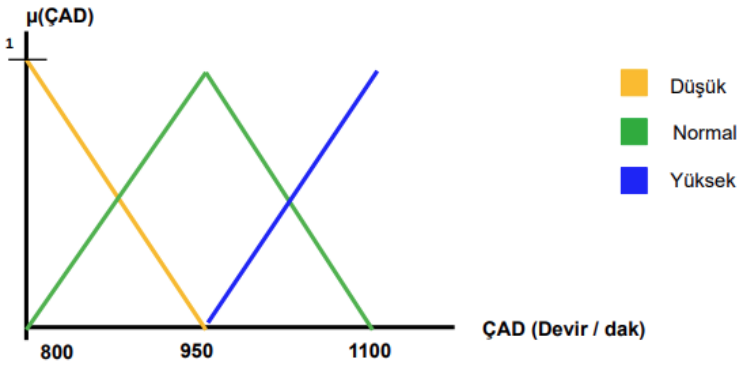
Bu çalışmada ele alınan, 60.3 x 2 mm tavlı dikişli boruya ait imalat süreçlerinin parametreleri için oluşturulan üyelik fonksiyonları aşağıdaki şekillerde verilmiştir.

Giriş parametreleri için üyelik fonksiyonları:



Şekil 7. Tavlama Sıcaklığı Üyelik Fonksiyonu

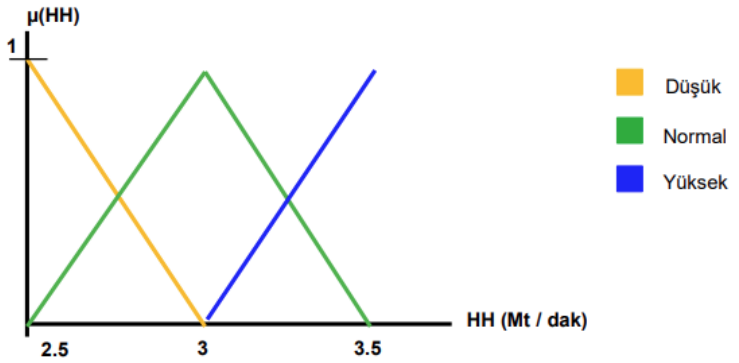
Şekil 7'de tavlama sıcaklığı için verilen üyelik fonksiyonunda görüldüğü üzere, "düşük" bulanık alt kümesine ait tavlama sıcaklık değerleri 900 °C ile 1050 °C arasında, "normal" bulanık alt kümesine ait tavlama sıcaklık değerleri 900 °C ile 1200 °C arasında ve "yüksek" bulanık alt kümesine ait tavlama sıcaklık değerleri ise 1050 °C ile 1200 °C arasındadır.



Şekil 8. Çapak Alma Devri Üyelik Fonksiyonu

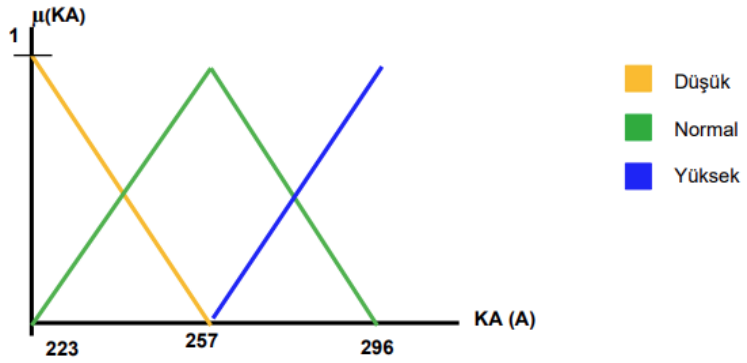
Şekil 8'de çapak alma devri için verilen üyelik fonksiyonunda görüldüğü üzere, "düşük" bulanık alt kümesine ait çapak alma devri değerleri 800 devir / dakika ile 950 devir / dakika arasında, "normal" bulanık alt kümesine ait çapak alma devri değerleri 800 devir

/ dakika ile 1100 devir / dakika arasında ve “yüksek” bulanık alt kümesine ait çapak alma devri değerleri ise 950 devir / dakika ile 1100 devir / dakika arasındadır.



Şekil 9. Hat Hızı Üyelik Fonksiyonu

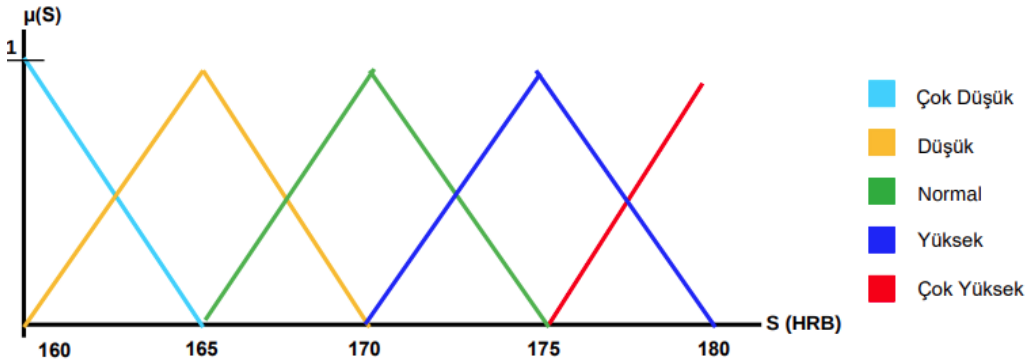
Şekil 9’de hat hızı için verilen üyelik fonksiyonunda görüldüğü üzere, “düşük” bulanık alt kümesine ait hat hızı değerleri 2,5 metre / dakika ile 3 metre / dakika arasında, “normal” bulanık alt kümesine ait hat hızı değerleri 2,5 metre / dakika ile 3,5 metre / dakika arasında ve “yüksek” bulanık alt kümesine ait hat hızı değerleri ise 3 metre / dakika ile 3,5 metre / dakika arasındadır.



Şekil 10. Kaynak Akımı Üyelik Fonksiyonu

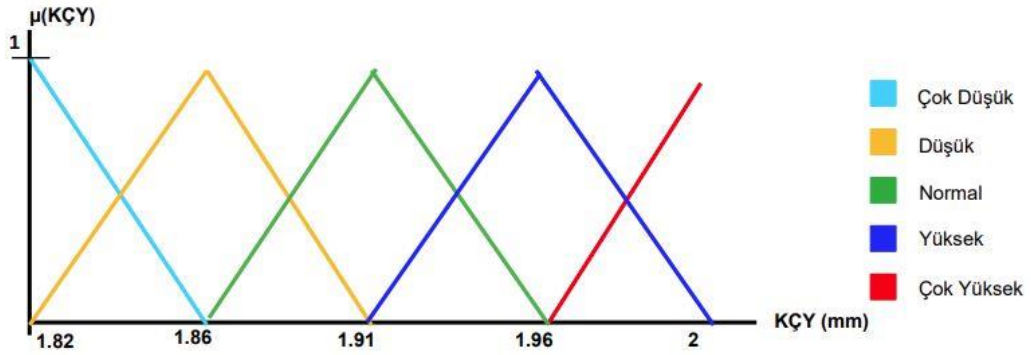
Şekil 10’da kaynak akımı için verilen üyelik fonksiyonunda görüldüğü üzere, “düşük” bulanık alt kümesine ait kaynak akımı değerleri 223 A ile 257 A arasında, “normal” bulanık alt kümesine ait kaynak akımı değerleri 223 A ile 296 A arasında ve “yüksek” bulanık alt kümesine ait kaynak akımı değerleri ise 257 A ile 296 A arasındadır.

Çıkış parametreleri için üyelik fonksiyonları:



Şekil 11. Sertlik Üyelik Fonksiyonu

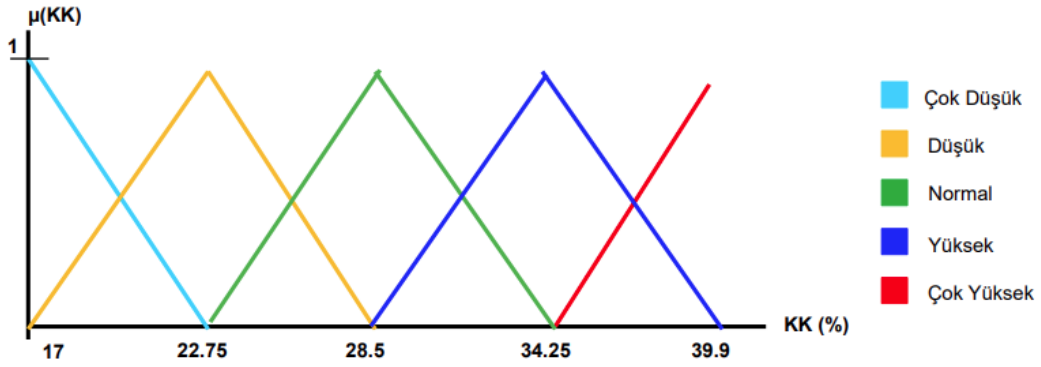
Şekil 11'de sertlik için verilen üyelik fonksiyonunda görüldüğü üzere, "çok düşük" bulanık alt kümesine ait sertlik değerleri 160 HRB ile 165 HRB arasında, "düşük" bulanık alt kümesine ait sertlik değerleri 160 HRB ile 170 HRB arasında, "normal" bulanık alt kümesine ait sertlik değerleri 165 HRB ile 175 HRB arasında, "yüksek" bulanık alt kümesine ait sertlik değerleri 170 HRB ile 180 HRB arasında ve "çok yüksek" bulanık alt kümesine ait sertlik değerleri ise 175 HRB ile 180 HRB arasındadır.



Şekil 12. Kaynak Çapak Yüksekliği Üyelik Fonksiyonu

Şekil 12'de kaynak çapak yüksekliği için verilen üyelik fonksiyonunda görüldüğü üzere, "çok düşük" bulanık alt kümesine ait kaynak çapak yüksekliği değerleri 1,82 mm ile 1,86 mm arasında, "düşük" bulanık alt kümesine ait kaynak çapak yüksekliği değerleri 1,82 mm ile 1,91 mm arasında, "normal" bulanık alt kümesine ait kaynak çapak yüksekliği

değerleri 1,86 mm ile 1,96 mm arasında, “yüksek” bulanık alt kümesine ait kaynak çapak yüksekliği değerleri 1,91 mm ile 2 mm arasında ve “çok yüksek” bulanık alt kümesine ait kaynak çapak yüksekliği değerleri ise 1,96 mm ile 2 mm arasındadır.



Şekil 13. Kaynak Kalitesi Üyelik Fonksiyonu

Şekil 13’de kaynak kalitesi için verilen üyelik fonksiyonunda görüldüğü üzere, “çok düşük” bulanık alt kümesine ait kaynak kalitesi değerleri % 17 ile % 22,75 arasında, “düşük” bulanık alt kümesine ait kaynak kalitesi değerleri % 17 ile % 28,5 arasında, “normal” bulanık alt kümesine ait kaynak kalitesi değerleri % 22,75 ile % 34,25 arasında, “yüksek” bulanık alt kümesine ait kaynak kalitesi değerleri % 28,5 ile % 39,9 arasında ve “çok yüksek” bulanık alt kümesine ait kaynak kalitesi değerleri ise % 34,25 ile % 39,9 arasındadır.

2.4.2.2 Kural tabanı

Bulanık modelde, çıkarımın yapılabilmesini sağlayan kural tabanındaki giriş ve çıkışları birbirine bağlayan, yani bulanık kümeler arasındaki ilişkilerin kurulduğu “EĞER” … “İSE” … önermeleri şeklindeki mantıksal kurallar setinin tamamı sahada çalışan uzman kişiler tarafından belirlenmiş olup aşağıda tablolar halinde verilmiştir.

Tablo 2. Sertlik Çıkış Kümeleri İçin Kural Tablosu

Kural No	**Tavlama Sıcaklığı**		**Hat Hızı**		**Sertlik**
1	Düşük	Ve	Düşük	İse	Normal
2	Düşük	Ve	Normal	İse	Yüksek
3	Düşük	Ve	Yüksek	İse	Çok Yüksek
4	Normal	Ve	Düşük	İse	Düşük
5	Normal	Ve	Normal	İse	Normal
6	Normal	Ve	Yüksek	İse	Yüksek
7	Yüksek	Ve	Düşük	İse	Çok Düşük
8	Yüksek	Ve	Normal	İse	Düşük
9	Yüksek	Ve	Yüksek	İse	Normal

Tablo 3. Kaynak Çapak Yüksekliği Çıkış Kümeleri İçin Kural Tablosu

Kural No	**Kaynak Akımı**		**Hat Hızı**		**Çapak Alma Devri**		**Kaynak Çapak Yüksekliği**
1	Düşük	Ve	Düşük	Ve	Düşük	İse	Yüksek
2	Düşük	Ve	Düşük	Ve	Normal	İse	Normal
3	Düşük	Ve	Düşük	Ve	Yüksek	İse	Düşük
4	Düşük	Ve	Normal	Ve	Düşük	İse	Normal
5	Düşük	Ve	Normal	Ve	Normal	İse	Düşük
6	Düşük	Ve	Normal	Ve	Yüksek	İse	Çok Düşük
7	Düşük	Ve	Yüksek	Ve	Düşük	İse	Düşük
8	Düşük	Ve	Yüksek	Ve	Normal	İse	Çok Düşük
9	Düşük	Ve	Yüksek	Ve	Yüksek	İse	Çok Düşük
10	Normal	Ve	Düşük	Ve	Düşük	İse	Çok Yüksek
11	Normal	Ve	Düşük	Ve	Normal	İse	Yüksek
12	Normal	Ve	Düşük	Ve	Yüksek	İse	Normal
13	Normal	Ve	Normal	Ve	Düşük	İse	Yüksek
14	Normal	Ve	Normal	Ve	Normal	İse	Normal
15	Normal	Ve	Normal	Ve	Yüksek	İse	Düşük
16	Normal	Ve	Yüksek	Ve	Düşük	İse	Normal
17	Normal	Ve	Yüksek	Ve	Normal	İse	Düşük
18	Normal	Ve	Yüksek	Ve	Yüksek	İse	Çok Düşük
19	Yüksek	Ve	Düşük	Ve	Düşük	İse	Çok Yüksek
20	Yüksek	Ve	Düşük	Ve	Normal	İse	Çok Yüksek
21	Yüksek	Ve	Düşük	Ve	Yüksek	İse	Yüksek
22	Yüksek	Ve	Normal	Ve	Düşük	İse	Çok Yüksek
23	Yüksek	Ve	Normal	Ve	Normal	İse	Yüksek
24	Yüksek	Ve	Normal	Ve	Yüksek	İse	Normal
25	Yüksek	Ve	Yüksek	Ve	Düşük	İse	Yüksek
26	Yüksek	Ve	Yüksek	Ve	Normal	İse	Normal
27	Yüksek	Ve	Yüksek	Ve	Yüksek	İse	Düşük

Tablo 4. Kaynak Kalitesi Çıkış Kümeleri İçin Kural Tablosu

Kural No	Kaynak Akımı		Hat Hızı		Kaynak Kalitesi
1	Düşük	Ve	Düşük	İse	Normal
2	Düşük	Ve	Normal	İse	Düşük
3	Düşük	Ve	Yüksek	İse	Çok Düşük
4	Normal	Ve	Düşük	İse	Yüksek
5	Normal	Ve	Normal	İse	Normal
6	Normal	Ve	Yüksek	İse	Düşük
7	Yüksek	Ve	Düşük	İse	Çok Yüksek
8	Yüksek	Ve	Normal	İse	Yüksek
9	Yüksek	Ve	Yüksek	İse	Normal

2.4.2.3 Bulanık çıkarım yöntemi ve çıkarımın yapılması

Bulanık modelde, kural tabanının oluşturulmasından sonra, kural tabanı içerisinde bulunan mantıksal önermelerin tamamının bir araya getirilip tek çıkışlı sonucun üretildiği bulanık çıkarım yöntemine karar verilerek çıkarımın gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada çıkarım yöntemi olarak, karar destek uygulamalarında yaygın olarak kullanılması ve en önemlisi insan algısına daha çok yatkın olması bakımından Mamdani çıkarım yöntemi (Akbulut, Gürer, Yarcı, & Korkmaz, 2019) kullanılmıştır.

Mamdani bulanık çıkarım sistemi, etkilenen diğer bir ifade ile tetiklenen kurallara göre belirlenen üyelik derecelerinin, bulanık olan çıkış kümelerinin üzerinde kestiği bölgelerin hesaplanmasını ileri süren bir yöntemdir.

Mamdani bulanık modelinde, Minimumların Maksimumu ve Maksimum Çarpım olmak üzere 2 farklı yöntem mevcuttur (Şenol, 2010).

Bu çalışmada kullanılan Minimumların Maksimumu Yönteminde, bulanık koşul işlemcisi olarak En Küçük (min) işlemci, bileşke işlemcisi olarak da En Büyük-En Küçük (max-min) işlemcisi kullanılmaktadır (Eldem & Eldem, 2012).

Bu durumda çıkarımın ilk aşaması olarak, giriş değerlerinin üyelik derecelerinin hesaplanması aynı zamanda dilsel olarak ifade edilmesi sonrası, kural tabanına bakılır ve buradan hangi kuralların tetikleneceği tespit edilir. Tetiklenen kurallar belirlendikten sonra bu kurallardaki minimum üyelik derecesine sahip olan girişin üyelik derecesi alınır ve bu değer söz konusu o kuralın çıkışındaki çıkış grafiğinin kesim noktasıdır (Eldem & Eldem, 2012).

İkinci aşama olan, çıkış bulanık kümelerin birleşiminin (max) alınması aşamasında ise, tetiklenen kurallar sonucunda aynı çıkış kümesini veren kuralların kesim noktası değerlerinden maksimum olanlar alınır (Eldem & Eldem, 2012).

Bu şekilde maksimum kesim noktaları ile çıkış bulanık kümeleri oluşmuş yani bulanık çıkarım yapılmış olur. Daha sonra çıkarımı yapılan bulanık çıkış belirli bir yönteme dayanarak durulaştırılır.

Bu tez çalışmasında, imalat denemeleri yapılan, 60.3 x 2 mm tavlı dikişli boruya ait olan sertlik çıkış değerinin bulanık çıkarımı ve durulaştırılması, örnek giriş değerleri ile aşağıda anlatılmıştır.

Giriş değerleri:

Tavlama sıcaklığı = 1050 °C

Hat hızı = 2,9 metre/dakika

Yukarıdaki giriş değerlerine ait üyelik dereceleri değerleri denklem 2.1'e göre aşağıdaki hesaplanır.

$$\mu\text{Düşük}(TS) = \frac{1050 - 1050}{1050 - 900} = 0$$

$$\mu\text{Normal}(TS) = \frac{1040 - 900}{1050 - 900} = 1$$

$$\mu\text{Yüksek}(TS) = 0$$

$$\mu\text{Düşük}(HH) = \frac{3 - 2{,}9}{3 - 2{,}5} = 0.2$$

$$\mu\text{Normal}(HH) = \frac{2{,}9 - 2{,}5}{3 - 2{,}5} = 0.8$$

$$\mu\text{Yüksek}(HH) = 0$$

Hesaplanan üyelik derecelerinin, sertlik çıkışını veren ve tetiklenen kurallara uygulanması ile elde edilen sertlik bulanık alt küme (ÇD, D, N, Y ve ÇY) değerlerinin hesaplanması kural tablosuna bağlı olarak aşağıdaki gibi yapılmaktadır.

Kural tabloları incelendiğinde, bu tablolardaki **"ve"** terimi AND (VE) bağlacı olup bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarına göre minimum alma işlemidir (Altaş, 1999). Buradan hareketle, öncelikli olarak, Mamdani çıkarımındaki Minimumların Maksimumu yönteminin birinci aşaması olan, her bir kural için minimum üyelik derecesine sahip girişlerin üyelik derecesi alınarak sertlik çıkışını veren kurallar aşağıdaki gibi yazılabilir.

Kural 1 $\min[\mu\text{D}(TS), \mu\text{D}(HH)] = \mu\text{N(S)}$

Kural 2 $\min[\mu\text{D}(TS), \mu\text{N}(HH)] = \mu\text{Y(S)}$

Kural 3 $\min[\mu\text{D}(TS), \mu\text{Y}(HH)] = \mu\text{ÇY(S)}$

Kural 4 $\min[\mu\text{N}(TS), \mu\text{D}(HH)] = \mu\text{D(S)}$

Kural 5 $\min[\mu\text{N}(TS), \mu\text{N}(HH)] = \mu\text{N(S)}$

Kural 6 $\min[\mu\text{N}(TS), \mu\text{Y}(HH)] = \mu\text{Y(S)}$

Kural 7 $\min[\mu\text{Y}(TS), \mu\text{D}(HH)] = \mu\text{ÇD(S)}$

Kural 8 $\min[\mu\text{Y}(TS), \mu\text{N}(HH)] = \mu\text{D(S)}$

Kural 9 $\min[\mu\text{Y}(TS), \mu\text{Y}(HH)] = \mu\text{N(S)}$

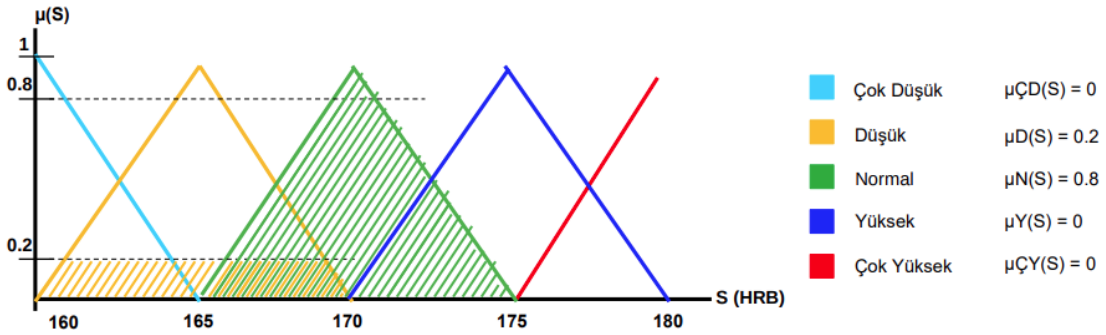
Örnek hesaplama için verilen giriş değerlerine (TS = 1050 °C ve HH = 2,9 metre/dakika) ait üyelik dereceleri göz önünde bulundurularak tetiklenen kurallar (Kural 4 ve Kural 5) için aşağıdaki gibi minimum alma işlemi yapılır.

Kural 4 $\min[1, 0.2] = \mu D(S) = 0{,}2$

Kural 5 $\min[1, 0.8] = \mu N(S) = 0{,}8$

Yukarıdaki minimum alma işlemi sonucuna göre, aynı çıkışı veren bir durum olmadığından, çıkış bulanık kümelerin birleşiminin (max) alınması işlemi de söz konusu değildir.

Tetiklenen kurallar üzerinde yapılan minimum alma işleminin sonuçları değerlendirildiğinde, 4. kural sonucu "Düşük" 0,2 ve 5. kural sonucunda "Normal" 0,8 olmaktadır. Diğer bir ifadeyle çıkan sonuç, 0,2 üyelikle düşük ve 0,8 üyelikle normal olarak değerlendirilebilir. Bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda Mamdani çıkarımı sonucu sertlik için oluşan grafik aşağıdaki şekildeki gibidir.



Şekil 14. Mamdani Çıkarım Sonucu

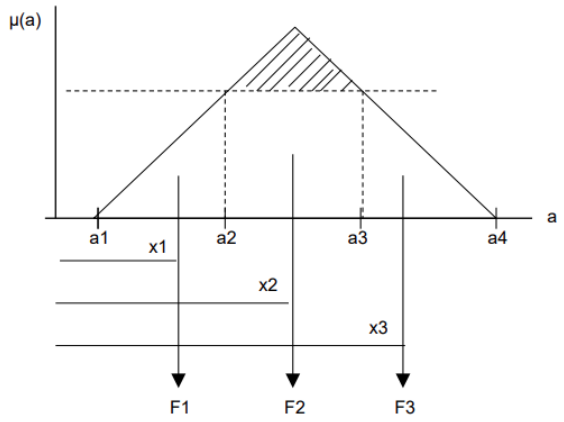
2.4.2.4 Durulaştırma yöntemi ve durulaştırmanın yapılması

Çıkarımı yapılan bulanık çıkışın anlaşılır ifadeye dönüştürülmesi gerekmektedir ve bu işlem adımı, bulanık mantık sisteminde, durulaştırıcı birim tarafından yürütülmektedir. Çeşitli durulaştırma yöntemleri olup en yaygın olarak kullanılanı, ağırlık merkezi hesabına dayanan, Ağırlık Merkezi Yöntemidir.

Ağırlık merkezi yöntemi matematiksel olarak aşağıdaki formül ile ifade edilir (Eldem & Eldem, 2012).

$$Z^* = \frac{\int \mu_C(z).zdz}{\int \mu_C(z)dz} \qquad (\mathbf{2.2})$$

Yukarıdaki matematiksel ifadeden (2.2) türetilmiş, şekil 15'teki ağırlık merkezi hesabı için kütle blokları ile, mamdani çıkarımı sonucu oluşan bulanık alanların durulaştırılması aşağıda verilmiştir.



Şekil 15. Ağırlık Merkezi Hesabı İçin Kütle Blokları

$$x_1 = \frac{(a_2 - a_1)}{3} * 2 + a_1 \qquad F_1 = \frac{(a_2 - a_1) * \mu(a)}{2}$$

$$x_2 = \frac{(a_3 - a_2)}{2} \qquad F_2 = (a_3 - a_2) * \mu(a) \qquad (2.3)$$

$$x_3 = \frac{(a_4 - a_3)}{3} + a_3 \qquad F_3 = \frac{(a_4 - a_3) * \mu(a)}{2}$$

$$Çıkış_{duru} = \frac{(F_1 * x_1) + (F_2 * x_2) + (F_3 * x_3)}{F_1 + F_2 + F_3}$$

$$x_1(D) = \frac{161 - 160}{3} * 2 + 160 = 160{,}67$$

$$F_1(D) = \frac{(161 - 160) * 0{,}2}{2} = 0{,}1$$

$$x_2(D) = \frac{161 + 169}{2} = 165$$

$$F_2(D) = (169 - 161) * 0{,}2 = 1{,}6$$

$$x_3(D) = \frac{170 - 169}{3} + 169 = 169{,}33$$

$$F_3(D) = \frac{(170 - 169) * 0{,}2}{2} = 0.1$$

$$x_1(N) = \frac{(169 - 165)}{3} * 2 + 165 = 167{,}67$$

$$F_1(N) = \frac{(169 - 165) * 0{,}8}{2} = 1{,}6$$

$$x_2(N) = \frac{169 + 171}{2} = 170$$

$$F_2(N) = (171 - 169) * 0{,}8 = 1.6$$

$$x_3(N) = \frac{(175 - 171)}{3} + 171 = 172{,}33$$

$$F_3(N) = \frac{(175 - 171) * 0{,}8}{2} = 1{,}6$$

$$Çıkış_{duru} = \frac{0{,}1 * 160{,}67 + 1{,}6 * 165 + 0{,}1 * 169{,}33 + 1{,}6 * 167{,}67 + 1{,}6 * 170 + 1{,}6 * 170{,}33}{0{,}1 + 1{,}6 + 0{,}1 + 1{,}6 + 1{,}6 + 1{,}6}$$

$$Çıkış_{duru} = \frac{1074{,}033}{6{,}34} = 168{,}64$$

Çıkan sonuca göre, 1050 °C tavlama sıcaklığı ve 2,9 metre/dakika hat hızı giriş değerleri ile yaklaşık 168.64 HRB sertlik elde edilmektedir.

2.5 TIG Hattı İmalat Optimizasyon Programı

Bu çalışmadaki imalat sürecinin yapısı gereği, belirli standartları yani hedef çıkış değerlerini sağlayan borunun elde edilmesi öncesi, uzman kişilerin sezgisel ve tecrübeye dayalı öngörüsü çerçevesinde belirledikleri başlangıç giriş değerleri ile imalat süreci başlamaktadır. Üretilecek belirli lot miktarı tamamlana kadar, Şekil 2'deki imalat akış şemasının kalite kontrol süreçlerinde görüldüğü üzere, pratik süreç içerisinde, ara kalite kontroller sonucu, boruda oluşabilecek istenmeyen durumları (istenilen çıkış değerlerini karşılamayan) kontrol altına almak amaçlı, yer yer giriş değerleri konfigüre edilmektedir. Bu konfigürasyonlar sırasında, Şekil 3'teki parametrik etki şemasında görüldüğü üzere, herhangi bir değişkenin, birden fazla çıkış değerini etkilemesi sebebiyle, pratik süreç içerisinde yer yer yapılan bu konfigürasyonlar, hurda oranının artmasına paralel olarak ta, zaman ve maliyet kayıplarına neden olmaktadır.

Bu tez çalışmasında, boru kalitesini belirleyen çıkış değerlerinin optimal olarak elde edilmesi amaçlı, söz konusu bu optimal çıkış değerlerine karşılık gelen, tahmin edilmesi zor ve pratik süreç içerisinde genelde uzman görüşüne dayanılarak, deneme yanılma yöntemleri ile belirlenen giriş değerlerinin, belirli kısıtlar çerçevesinde, en iyi bir şekilde belirlenmesi yani konfigüre edilmesi amaçlı, temel fikir ve çıkış noktası birimsel katkı analizine (Esin & Tahranlı, 2003) dayanan, bulanık mantık modeli ile, "Visual Studio" ortamında C# dilinde geliştirilmiş bir simülatör programı üretilmiştir.

Birimsel katkı analizi yaklaşımı; sistemin kontrolü için birden fazla parametrenin olduğu ve bunları değiştirecek birimlerin akıllı olduğu durumlarda kullanılır. Akıllı birimlerin her birisi; sistemin amaç durumu, sistemin karar anında gözlenen durumu ve kendi katkılarının etkisinin farkındadır. Sistemin amaç ve gözlenen durumları arasında fark olması halinde; bu farkı kapatmak için etkisi en büyük olan birim harekete geçerek değişiminden sorumlu olduğu parametreyi yeniden değerlendirir. Onun yaptığı katkı sonucunda fark hala kapanmamışsa bir sonraki en etkili birim kendi sorumluluğundaki parametre değişikliğini yapar. Sonuncu birim de katkısını kararlaştırıp sunduğu halde hedefe ulaşılmamışsa; parametrelerin bu son durumu tanımlayan değerleri ile süreç yeniden başlatılır. (Esin & Tahranlı, 2003)

Bu yaklaşım; özellikle çok fazla sayıda parametre (serbestlik derecesi) bulunduran sistemlerde ihtiyaç duyulan karmaşık ve yeniden hesaplanması zor modeller gerektiren sistemlerde modele ihtiyaç duymadan bir dizi sezgisel kararla çözüm sağlayabilmektedir.

Şekil 3'ten hatırlanacağı gibi, bu tezin konusu olan imalat sürecinde 4 giriş ve 3 çıkış parametresi bulunmaktadır. Giriş parametrelerini kontrol eden birimler birer uzman sistem olarak tanımlanmıştır. Bunlardan her birisi; kumanda ettikleri çıkışlar üzerindeki etkilerinin büyüklüğüne göre sırayla kullanılarak optimal çıkış tayin edilmeye çalışılmaktadır.

Böylece, oluşturulan bulanık mantık sistemindeki bütün giriş parametreleri, süreç içerisinde akıllı birimler olarak amacın oluşturulmasını, yani en iyi çıktının belirlenmesini sağlamaktadır.

2.5.1 Program iş akışı

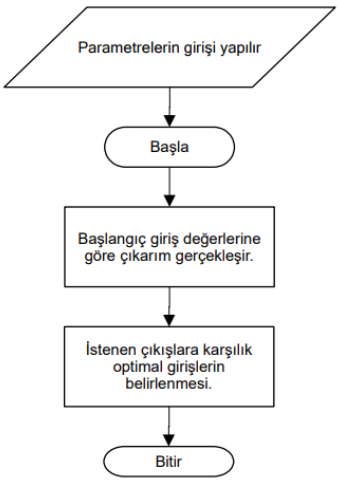
Program iş akışı, genel iş akış, başlangıç değerlerine göre çıkarımın yapıldığı iş akışı ve istenen çıkış değerlerine göre optimal girişlerin belirlendiği iş akışı olarak üç parça halinde aşağıda incelenmiştir.

2.5.1.1 Genel iş akış

Programın, Şekil 16'da genel iş akış şemasında görüldüğü üzere, parametreler olan, giriş-çıkış üyelik fonksiyonlarına ait bulanık kümelerin sınır değerleri ve kısıtlarının girilmesinden sonra, iki tane ana prosedürü yürütmektedir. Bunlardan bir tanesi, imalat başlangıç giriş değerlerine göre çıkarımı yaparken, ikincisi ise istenen çıkışların kısıtları çerçevesinde optimal girişlerin ne olacağını belirlemektedir.

Üyelik fonksiyonlarına ait bulanık alt küme aralıklarını belirleyen değerler, üyelik fonksiyonlarının olduğu şekillerdeki gibi, yatay eksenlerdeki (değerlerin olduğu eksen) sayısal değerlerin her birine (Giriş üyelik fonksiyonları için x, y, z ve çıkış üyelik fonksiyonları için x, y, z, t, q) karşılık gelecek şekilde girilir.

Giriş ve çıkış değişkenlerine ait kısıtlar ise, maksimum ve minimum aralığında girişleri yapılır.



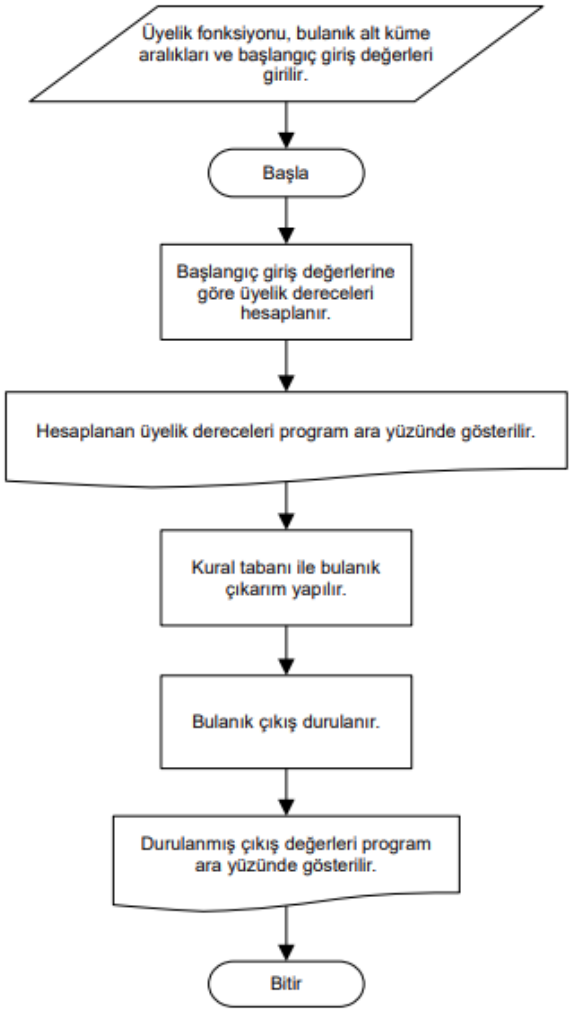
Şekil 16. Genel İş Akış Şeması

2.5.1.2 Başlangıç değerlerine göre çıkarımın yapıldığı iş akışı

Genel işe akış şemasının (Şekil 16) bir parçası olan bu alt prosedürde, uzman kişinin başlangıçta ön gördüğü giriş değerlerine göre çıkarımın gerçekleştiği yani çıkışların ne olduğu belirlenir ve program ara yüzüne yazdırılır.

Şekil 17'de verilen iş akış şemasına göre, ilgili girişlerin yapılmasının ardından:

1. Başlangıç giriş değerlerine göre üyelik dereceleri hesaplanır.
2. Hesaplanan üyelik dereceleri program ara yüzüne yazdırılır.
3. Başlangıç değeri ve bulanık alt kümelere ait üyelik derecelerini parametre olarak alan data sınıfı (C#'ta oluşturulan bir class) içerisindeki kural tabanın olduğu bir metot tarafından, Mamdani çıkarım yöntemine göre bulanık çıkarım gerçekleştirilir.
4. Çıkarımı yapılan bulanık değeri parametre olarak alan, data sınıfı (C#'ta oluşturulan bir class) içerisindeki, ağırlık merkezi durulaştırma yöntemine göre çalışan bir metot tarafından, bulanık değer durulaştırılır yani anlaşılacak sayısal değere çevrilir.
5. Başlangıç giriş değerlerine göre yapılan çıkarımın durulanmış sonuçları, program ara yüzüne yazdırılır.



Şekil 17. Başlangıç Değerlerine Göre Çıkarımın Yapıldığı İş Akış Şeması

2.5.1.3 İstenen çıkışlara göre optimal girişlerin belirlendiği iş akışı

Şekil 16'daki genel iş akışa ait ve dört adet şekil ile şeması verilen bu alt prosedürde, özet olarak yapılan, istenen çıkış değerlerini karşılamak kaydıyla, maliyeti ağır basan girdi kalemlerine ait değerleri, minimum aralıklarda belirlemektir. Bu belirleme işleminde yöntem, maliyeti en büyükten, en küçüğe doğru, yüksek maliyete sahip girdi değişkenine ait değerin minimum aralığında uyumlu olan diğer girdi değişken değerlerini tespit etmektir.

Girdi değişkenleri, maliyetlerine göre en büyükten en küçüğe doğru şu şekilde sıralanır:

1. Tavlama Sıcaklığı (TS)
2. Kaynak Akımı (KA)
3. Hat Hızı (HH)
4. Çapak Alma Devri

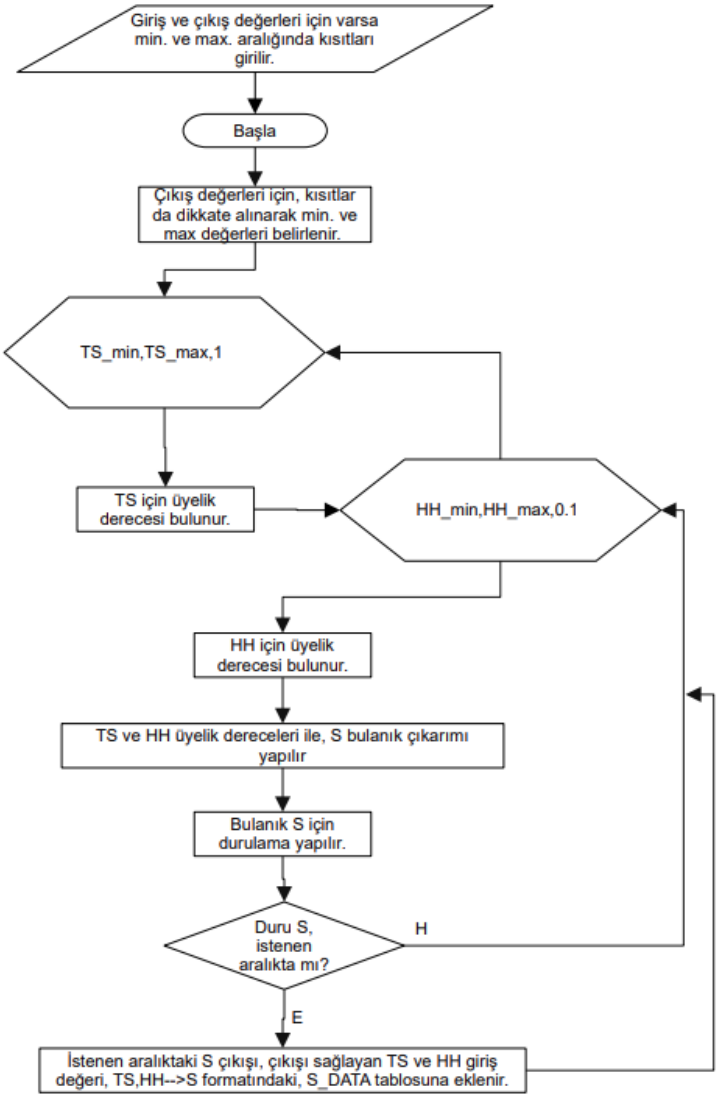
Girdi değişkenlerinden, tavlama sıcaklığının maliyeti, imalat toplam maliyetine, diğerlerine nazaran daha fazla yük getirmektedir. Dolayısı ile, yapılan imalat işleminde minimum değer ile girişinin sağlanması gerekmektedir.

Şekil 18'deki iş akışı parçasında, minimum ve maksimum aralıklarla kısıtı belirtilmiş ya da tavsiye edilen aralıklara göre, bütün sertlik değerlerini sağlayan, üyelik fonksiyonları tanım kümesine göre, minimumdan maksimuma doğru her tavlama sıcaklık değeri için, hat hızı değerlerinin tespiti yapılmaktadır.

Giriş-çıkış değerlerine ait varsa kısıtların belirlenmesinin ardından, Şekil 18'deki iş akışı parçasının işlem adımları:

1. Üyelik fonksiyonu tanım aralığına göre, Tavlama sıcaklığının minimumdan maksimum değerine kadar olan döngü içerisinde, tavlama sıcaklığı değerinin üyelik derecesi hesaplanır.
2. Her tavlama sıcaklığı değeri için, hat hızının minimumdan maksimum değerine kadar olan döngü içerisinde:

- Hat hızının üyelik derecesi hesaplanır.
- Tavlama sıcaklığı ve hat hızı üyelik derecesi ile sertlik çıkış değeri bulanık çıkarımı yapılır.
- Bulanık sertlik çıkış değeri durulaştırılır.
- Durulaştırmış sayısal sertlik değeri, istenen aralıkta ise, bu sertlik değeri, değeri sağlayan tavlama sıcaklığı ve hat hızı giriş değerleri S_Data adlı tabloya eklenir.



Şekil 18. İstenen Çıkışlara Göre Optimal Girişlerin Belirlendiği İş Akış Şeması- 1

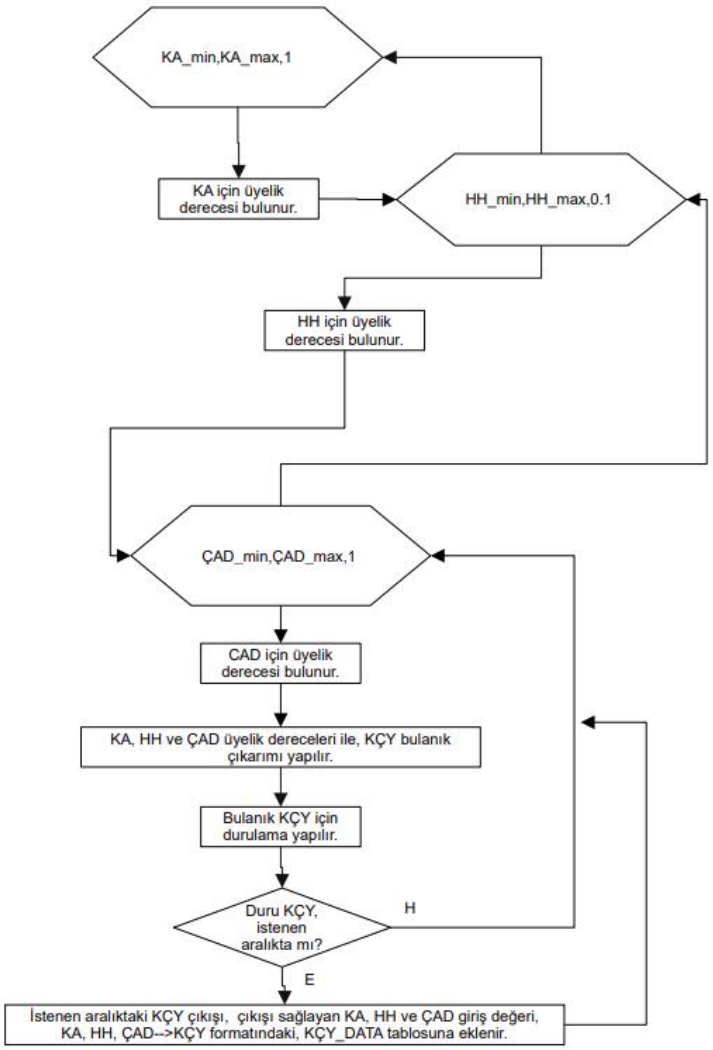
İstenen sertlik çıkışlarını sağlayan girişlerin (Tavlama sıcaklığı ve hat hızı değerleri) tespit edilip S_DATA tablosuna atılmasının ardından, benzer işlem adımları ile kaynak çapak yüksekliği çıkış değerlerini sağlayan girişlerin tespit edilmesi sağlanır.

Şekil 19'daki iş akışı parçasında, minimum ve maksimum aralıklarla kısıtı belirtilmiş ya da tavsiye edilen aralıklara göre, bütün kaynak çapak yüksekliği çıkış değerlerini sağlayan üyelik fonksiyonları tanım kümesine göre, minimumdan maksimuma doğru, her kaynak akımı giriş değeri için, hat hızı değerleri, her hat hızı değeri için de çapak alma devri giriş değerlerinin tespiti yapılmaktadır.

Giriş-çıkış değerlerine ait varsa kısıtların belirlenmesinin ardından, Şekil 21'deki akış şeması parçasında yapılan işlem adımları:

1. Üyelik fonksiyonu tanım aralığına göre, kaynak akımının minimumdan maksimum değerlerine kadar olan döngü içerisinde, kaynak akımı üyelik dereceleri hesaplanır.
2. Her kaynak akımı değeri için, hat hızının minimumundan maksimum değerine kadar olan döngü içerisinde hat hızının üyelik derecesi hesaplanır.
3. Her hat hızı değeri için, çapak alma devrinin minimumundan maksimum değerine kadar olan döngü içerisinde:

- Çapak alma devri için üyelik dereceleri hesaplanır.
- Hesaplanan kaynak akımı, hat hızı ve çapak alma devri üyelik fonksiyonları ile kaynak çapak yüksekliği çıkış değeri bulanık çıkarımı yapılır.
- Bulanık olan kaynak çapak yüksekliği çıkış değeri durulaştırılır.
- Durulaştırılmış kaynak çapak yüksekliği değeri, istenen aralıkta ise, bu çıkış değeri, çıkışı sağlayan kaynak akımı, hat hızı ve çapak alma devri giriş değerleri KÇY_DATA tablosuna eklenir.



Şekil 19. İstenen Çıkışlara Göre Optimal Girişlerin Belirlendiği İş Akış Şeması – 2

Kaynak çapak yüksekliği çıkış değerleri ve bu değerleri sağlayan girişlerin (Kaynak akımı, hat hızı ve çapak alma devri giriş değerleri) tespit edilip ilgili tabloya (KÇY_DATA tablosu) atılmasının ardından, benzer işlem adımları ile kaynak kalitesi çıkış değerlerini sağlayan girişlerin belirlenmesi sağlanır.

Şekil 20'deki iş akış şeması parçasında, minimum ve maksimum aralıklarda kısıtı belirlenmiş ya da tavsiye edilen aralıklara göre, bütün kaynak kalitesi değerlerini sağlayan, üyelik fonksiyonları tanım kümesine göre, minimumdan maksimuma doğru her kaynak akımı değeri için, hat hızı değerlerinin belirlenmesi sağlanmaktadır.

Giriş-çıkış değerlerine ait varsa kısıtların belirlenmesinin ardından, Şekil 20.20'deki iş akışı parçasında yürütülen işlem adımları:

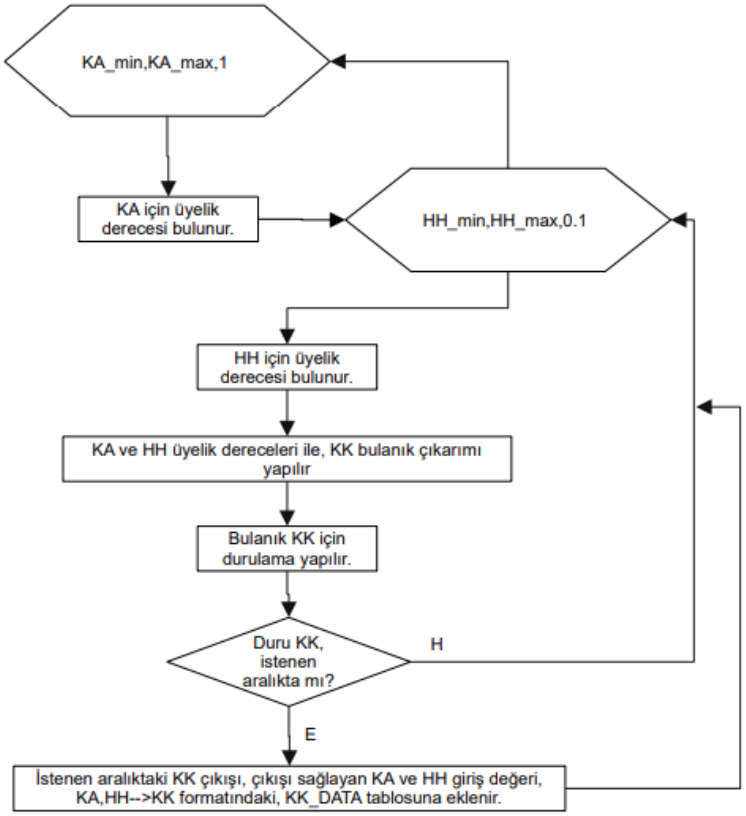
1. Üyelik fonksiyonu tanım aralığına göre, kaynak akımının minimumundan maksimum değerine kadar olan döngü içerisinde, kaynak akımı değerinin üyelik derecesi hesaplanır.
2. Her kaynak akımı değeri için, hat hızının minimumundan maksimum değerine kadar olan döngü içerisinde:

- Hat hızının üyelik derecesi hesaplanır.
- Kaynak akımı ve hat hızı üyelik dereceleri ile kaynak kalitesi çıkış değeri bulanık çıkarımı yapılır.
- Bulanık kaynak kalitesi çıkış değeri durulaştırılır.
- Durulaştırılmış kaynak kalitesi değeri, istenen aralıkta ise, bu kaynak kalitesi değeri, değeri sağlayan kaynak akımı ve hat hızı giriş değerleri KK_DATA adlı tabloya eklenir.

Optimizasyon için iş akışında, buraya kadar olan süreçte, minimum ve maksimum aralık içerisindeki bütün çıkış değerlerini gerçekleyen giriş değerleri elde edilmiştir. Şekil 18, 19 ve 20'deki iş akışlarına göre programın çalışması sonucunda, oluşan verilerin toplandığı tablolar (C#' ta table nesnesi) aşağıdaki gibidir.

Tablo 5. Optimizasyon Kaynak Verileri

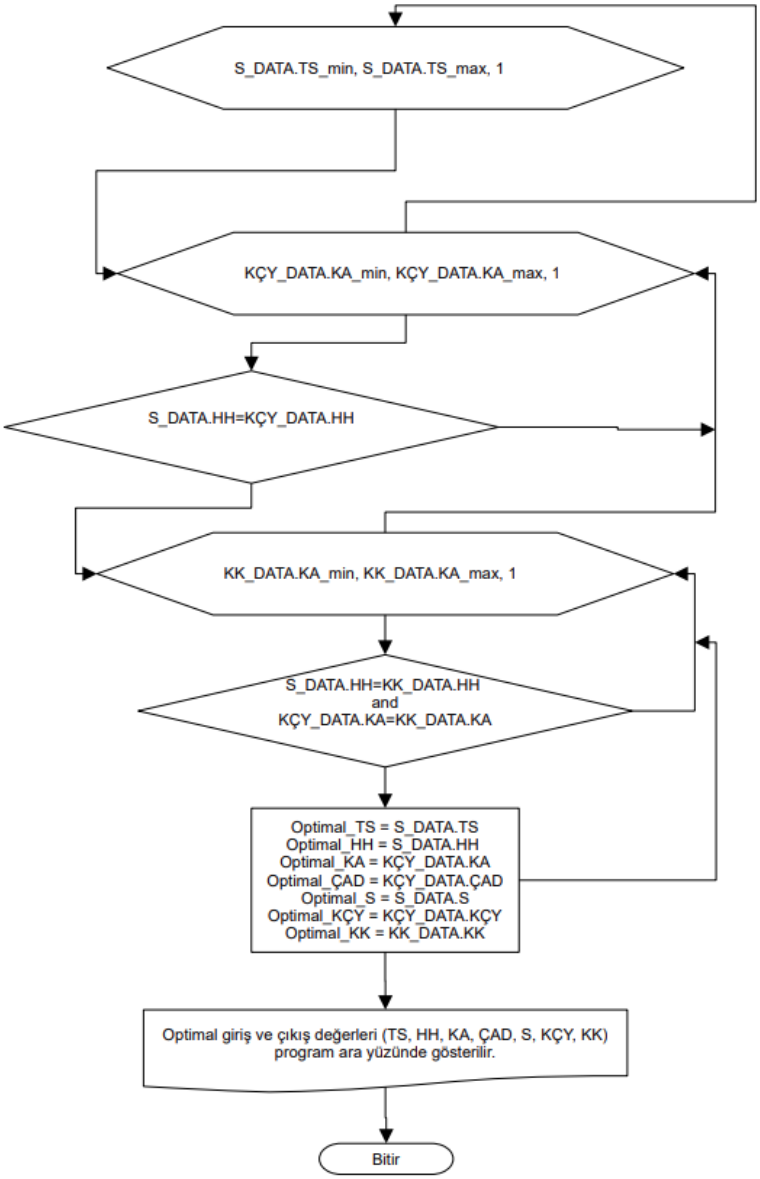
Tablo Adı	**Çıkışlar**	**Girişler**
S_DATA	Durulanmış sertlik çıkış değerleri. (S)	Sertlik değerlerini gerçekleyen, tavlama sıcaklığı ve hat hızı giriş değerleri. (TS, HH)
KÇY_DATA	Durulanmış kaynak çapak yüksekliği çıkış değerleri. (KÇY)	Kaynak çapak yüksekliği değerlerini gerçekleyen, kaynak akımı, çapak alma devri ve hat hızı giriş değerleri. (KA, ÇAD, HH)
KK_DATA	Durulanmış kaynak kalitesi çıkış değerleri. (KK)	Kaynak kalitesi değerlerini gerçekleyen, kaynak akımı ve hat hızı giriş değerleri. (KA, HH)



Şekil 20. İstenen Çıkışlara Göre Optimal Girişlerin Belirlendiği İş Akış Şeması – 3

Programda asıl optimizasyonun gerçekleştiği, Şekil 21'deki iş akışı parçasında görüldüğü üzere, üretimde en fazla maliyet doğuracak girişlerin minimizasyonu sağlanarak istenen çıkışlar elde edilmektedir.

Optimizasyon işleminin sonucunda, varsa kısıtların da (Çıkış değerleri ya da giriş değerleri kısıtları) göz önünde bulundurulması ile, öncelikli olarak istenilen çıkış değerleri gerçeklenmek sureti ile, söz konusu bu çıkış değerlerini gerçekleyen optimal giriş değerlerinin, yani üretimde en fazla maliyeti oluşturacak giriş değerlerinin minimum olduğu noktalarda, diğer giriş değerlerinin belirlenmesi sağlanacaktır.



Şekil 21. İstenen Çıkışlara Göre Optimal Girişlerin Belirlendiği İş Akış Şeması – 4

Şekil 21'deki iş akışı parçasında, optimizasyonun gerçekleştiği işlem adımları özeti aşağıda verilmiştir.

Akış sürecinde iç içe 3 tane döngü vardır. Bu döngülerde sırası ile S_DATA tablosundaki tavlama sıcaklığı minimum ve maksimum değerleri, KÇY_DATA tablosundaki kaynak akımı minimum ve maksimum değerleri ve KK_DATA tablosundaki kaynak akımı maksimum ve minimum değerleri arasında dönülür.

İlk döngüde, tavlama sıcaklığı minimum değeri için, ikinci döngüdeki hat hızlarının ortak olduğu minimum kaynak akımı belirlenir.

Üçüncü döngüde ise, belirlenen hat hızı ve kaynak akımlarının kesiştiği değerler (S_DATA.HH=KK_DATA.HH ve KÇY_DATA.KA=KK_DATA.KA), KK_DATA tablosundan elde edilir.

Bu sayede, öncelikli olarak minimum tavlama sıcaklığı noktasındaki, minimum kaynak akımı ve optimal hızını veren konfigürasyon belirlenmiş olur.

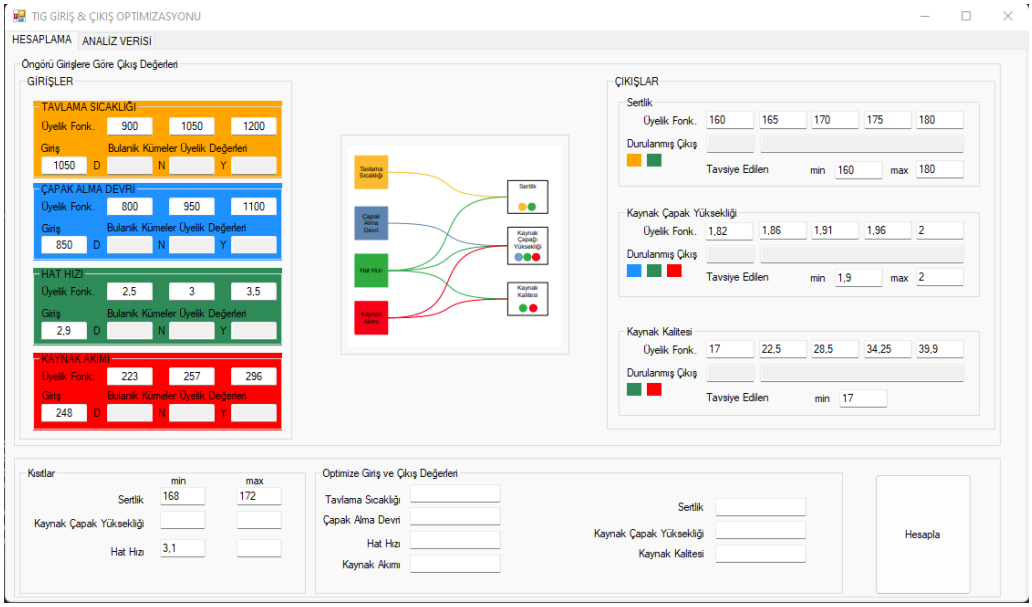
2.5.2 Program ara yüzü ve veri girişi

Optimal değerlerin çıkarımından önce, program ara yüzünde, üyelik fonksiyonları tanıtılır, genelde müşteri istekleri dikkate alınarak kısıtlar girilir ve program içerisinde yer alan bir Class' ta toplanan kural tabanı, çıkarım ve durulaştırma yöntemleri yardımı ile optimal girişler ve bu girişlerden elde edilen çıkışlar gösterilir.

Diğer taraftan, geliştirilen program, uzman görüşüne göre verilen başlangıç değerleri ile gerçekleşen imalatın sonuçlarını, bulanık model çerçevesinde olması gereken sonuçlarla karşılaştırma imkânı tanır.

Veri Girişi: Şekil 22'de ara yüzü görülen programda;

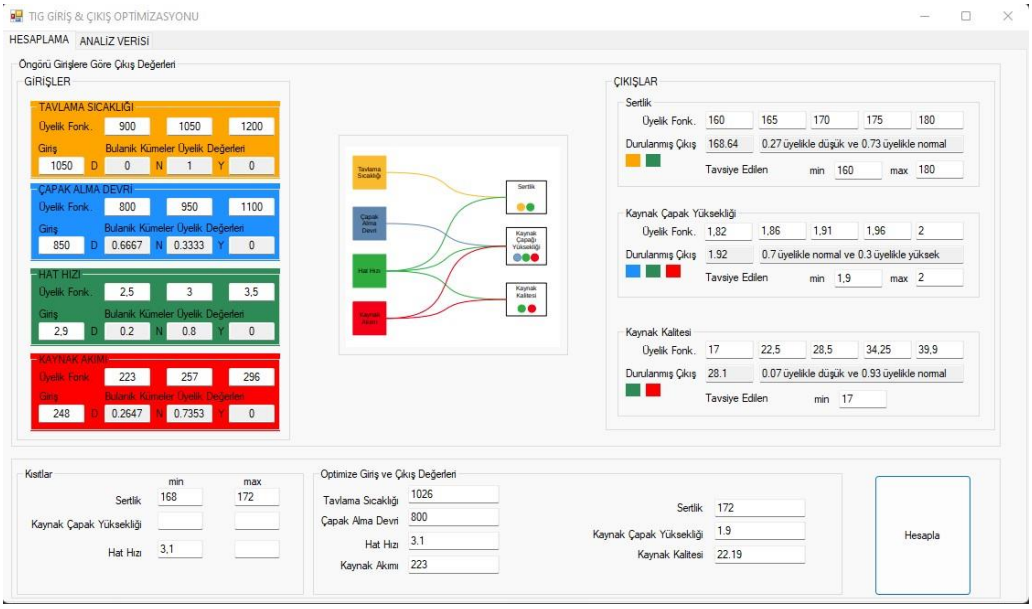
- "GİRİŞLER" ve "ÇIKIŞLAR" sekmeleri içerisindeki "Üyelik Fonk." etiketleri (label) karşılarındaki kutucuklara (text box) bulanık alt küme aralık değerleri girilir.
- "Kısıtlar" sekmesi altındaki alanlara, varsa, kısıtların minimum ve maksimum aralıkları girilir.
- "GİRİŞLER" sekmesi içerisindeki, "Giriş" etiketlerinin (label) altındaki kutucuklara (textbox) uzman görüşü başlangıç değerleri girilir.



Şekil 22. TIG Giriş-Çıkış Optimizasyon Programı – Veri Girişi

Hesaplanan Değerler: Şekil 23'teki program ara yüzünde, veri girişi sonrası **"**Hesapla" butonuna basıldığında programın ürettiği değerlerden;

- "GİRİŞLER" sekmesi içerisindeki "Bulanık Kümeler Üyelik Değerleri" etiketleri (label) altında yer alan kutucuklardaki (textbox) değerler, başlangıç giriş değerlerinin bulanık alt kümelere olan üyelik derecelerini,
- "Optimize Giriş ve Çıkış Değerleri" sekmesi içerisindeki alanlar, optimize edilmiş giriş çıkış değerlerini,
- "ÇIKIŞLAR" sekmesi içerisindeki "Durulanmış Çıkış" etiketleri (label) karşısında yer alan kutucuklardaki (textbox) değerler, başlangıç giriş değerleri ile yapılacak olan üretime ait durulanmış çıkış değerlerini gösterir.



Şekil 23. TIG Giriş-Çıkış Optimizasyon Programı – Hesaplanan Değerler

Programa, gerekli olan verilerin (üyelik fonksiyonu değerleri, başlangıç giriş değerleri ve kısıtlar) girişi sonrası, "Hesapla" butonuna basıldıktan sonra gerçekleşen iş akış süreçleri "2.5.1 Program İş Akışı" başlığı altında detaylı bir şekilde anlatılmıştır.

2.6 İmalat Denemeleri

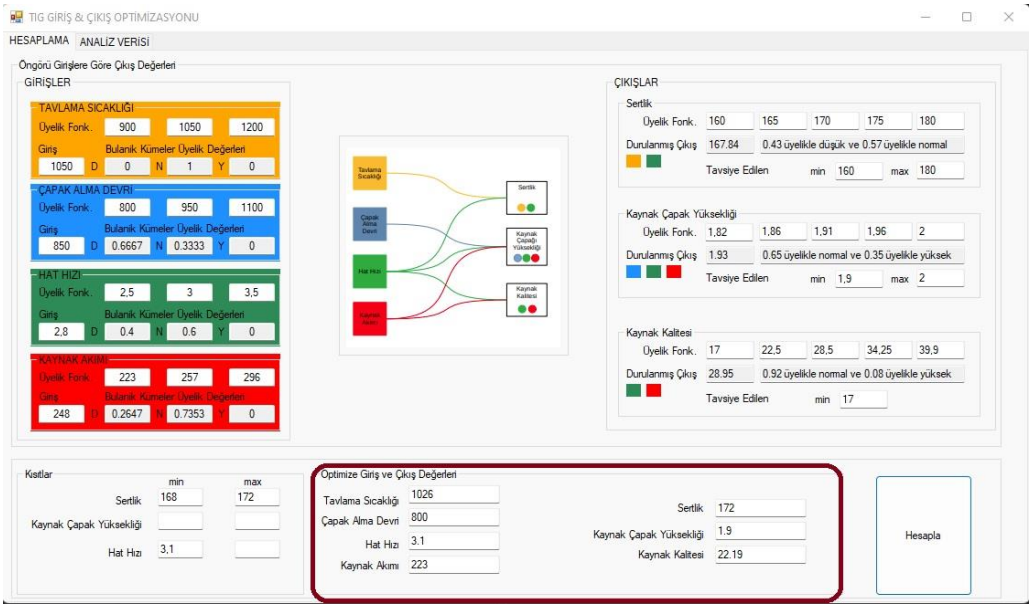
Tablo 6' da öngörü başlangıç değerleri ve programın belirlediği giriş değerleri ile yapılan 2 adet deneme imalatın ölçüm sonuçları aşağıdaki gibidir.

Tablo 6. İmalat Giriş Değerleri ve Çıkış Değerleri Sonuçları

Ürt.Tarihi		14/03/2022	**İş Emri No**		20220161		**Ölçü**	**60.3 x 2 mm**	
TS (°C)	**KA (A)**	**ÇAD (dvr/dak)**	**HH (mt/dak)**	**S (HRB)**	**KÇY (mm)**	**KK (%)**	**Üretim Amacı**	**Hedef Sağlam Metraj**	**Fiili Sağlam Metraj**
1050	248	850	2.8	167.8	1.91	28.9	Müşteriye	554 mt.	510 mt.
1026	223	800	3.1	171.9	1.89	22.2	Deneme-1		6 mt.
1026	223	800	3.1	172.1	1.91	22.1	Deneme-2		6 mt.

Yukarıdaki tablodan da görüldüğü üzere, 2,8 metre / dakika hat hızı, 1050 °C' tavlama sıcaklığı, 248 A kaynak akımı ve 850 devir /dakika olan çapak alma devri giriş öngörü değerleri ile, 554 metre sağlam boru çıkarmak amaçlı imalata başlanmıştır. İmalatın bitimine yakın, giriş değerleri programın öngördüğü değerlere (TS = 1026 °C, KA = 223 A, ÇAD = 850 devir / dakika ve HH = 3,1 metre / dakika) ayarlanarak 2 boy boru (2 x 6 metre) deneme imalatı yapılmıştır.

İmalat bitiminde, uzman görüş başlangıç giriş değerleri ve deneme amaçlı programın belirlediği değerler ile üretilen borular ayrı ayrı sınıflandırılmış ve ölçümleri ayrı yapılmıştır. Yapılan sınıflandırma ve ölçümler sonucu, toplamda (deneme imalatlar dâhil) 554 metre sağlam mamul çıkarılması hedeflenen üretimde, 18 metre civarında hiçbir şekilde kullanılamayan hurda yığını ve boru olarak değerlendirilemeyen muhtelif uzunluklarda (5.2, 4.3 ve 4,45 metre) toplam 14 metre 3 boy boru üretimi % 5.78 kayıpla sonuçlanmıştır. Deneme yapılan imalatta elde edilen 2 adet 6'şar metrelik boruların ölçümleri geçerli olduğundan sağlam olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 24. İmalat Optimizasyon Ekran Çıktısı

Şekil 24'te, 2 boy 6'şar metre borunun optimize edilmiş giriş değerleri ve bu girişler sonucu ortaya çıkması beklenen çıkış değerlerinin gösterildiği ekran çıktısı (işaretli alan) yer almakta olup, deneme imalatı belirlenen bu giriş değerleri ile yapılmıştır

BÖLÜM 3. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, yapılan boru imalatı sonucunda, ulaşılmak istenen ve kaliteyi belirleyen çıktılara ait girişlerin belirlenmesi, süreç değişkenlerinin konfigürasyonları ve ilişkilerinde belirsizlikler olması nedeniyle, matematiksel modele dayandırılamadığı için geleneksel yöntemlere yani deneme yanılma yöntemine dayanmakta olup bu şekilde yürütülen pratik süreç içerisinde zaman ve maliyet kayıpları yaşanması noktasından hareketle bu problemin çözülmesinde bulanık mantık yaklaşımı ele alınmıştır.

İmalat süreci, giriş çıkış değerleri ve aralarındaki ilişkiler netleştirilerek bulanık mantık modelleme süreci dahilinde model oluşturulmuş ve bu model ile çalışan simülatör programı geliştirilmiştir.

İmalat sürecinde, giriş parametrelerinin konfigürasyonu için matematiksel bir sistem olmadığından, dinamik ve değişken olan bu süreç parametreleri, bir uzman akıl tarafından yarı tecrübeye yarı sezgiye dayandırılarak belirlenmekteydi. Bu nedenle geliştirilen program içerisinde hem uzman akıl tarafından giriş parametreleri belirlenen imalatın sonuçları hem de bulanık mantık ile optimizasyon sonucu belirlenen giriş parametreleri ve ulaşılacak çıkış parametreleri karşılaştırmak adına yer almıştır.

Programın geliştirilmesi ve test edilmesi süreçleri sonrasında, imalat sahasında, ilk önce uzman akıl tarafından başlangıç olarak verilen giriş değerleri ile imalat yapılmış, sonrasında, simülatör program aracılığıyla kısıtlar dahilinde belirlenen giriş değerleri ile 2 adet (2 x 6 metre toplamda 12 metre) deneme imalatı yapılmış ve tüm sonuçlar kayıt altına alınmıştır.

Simülatör program tarafından kısıtlar dâhilinde, uzman kişilerce belirlenen başlangıç giriş değerlerine kıyasla, maliyet olarak daha düşük belirlenen giriş değerleri ile gerçekleşen imalatın çıkış değerleri ölçülmüş olup programın belirlediği değerler ile örtüşmektedir.

Geliştirilen programın, fikir anlamında çıkış noktası olan, birimsel katkı analizinde öngörüldüğü üzere (Esin & Tahranlı, 2003), bu çalışmada oluşturulan sistem içerisinde yer alan birimler olan giriş parametrelerinin, süreç içerisindeki konfigürasyonlarının belirlenmesindeki motivasyon ortak bir hedefi gerçekleştirmek olmuştur.

Özetle, süreçleri ve süreç değişkenlerinin konfigüre edilmesi, belirsizlikler yani bulanık durumlar barındıran bu ve benzeri imalat süreçlerinin optimize edilmesinde, bulanık mantık yaklaşımı ile model geliştirmenin katkısının olabileceği sonucuna varılabilir.

KAYNAKÇA

Akbulut, H., Gürer, C., Yarcı, Ş., & Korkmaz, B. E. (2019). Bulanık Mantık Yöntemi ile Sinyalize Kavşaklarda Trafik Işığı Süresi Belirlenmesi. *Journal of Innovations in Civil Engineering and Technology,* 41-56.

Altaş, İ. H. (1999). Bulanık Mantık : Bulanık Denetim. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*(64), 76-81.

Baykal, N., & Beyan, T. (2004). *Bulanık Mantık İlke ve Temelleri* (9 b.). Ankara: Bıçakçılar Kitabevi.

Bolayır, B., & Ergülen, A. (2019). *Bulanık Mantık, Doğrusal Programlama ve Bulanık Doğrusal Programlama.* Ankara: Ekin Yayınevi.

Çetin, S. (2005). *Bir Fazlı Bir İndüksiyon Isıtma Sistemi Analizi ve Dizaynı.* Denizli: Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendiliği anabilim Dalı Yayımlanmış yüksek Lisans Tezi.

Çoşkunırmak, Y. (2010). *Bulanık Doğrusal Programlama ve Yerel Yönetimlerde Bir Bulanık Hedef Programlama Uygulaması.* Adana: Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Ana Bilim Dalı, Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi.

Eldem, A., & Eldem, H. (2012). Motor Parametrelerinin Tahmininde Bulanık Uzman Sistem Tasarımı. *Recent Advances in Science and Technology*, s. 95-112.

Ensarioğlu, C. (2007). *Talaşlı İmalat İşlemlerinde KEsme Parametrelerinin Belirlenmesi İçin Bir Uzman Sistem Yaklaşımı.* BURSA: Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi.

Esin, M. E., & Tahranlı, İ. S. (2003). Canlılarda Takım Davranışları ve Birimsel Katkı Analizi Yöntemi. *Bilişim'03 20. Bilişim Kurultayı*.

İçen, D. (2015). *Bulanık regresyon analizinde Monte Carlo yöntemi ve uzman sistemler.* ANKARA: Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Ana Bilim Dalı, Yayımlanmış Doktora Tezi.

Kahraman, N., & Durgutlu, A. (2005). 316L paslanmaz çelik ile bakır levhaların örtülü elektrod ve TIG kaynak yöntemi ile birleştirilebilirliğinin araştırılması. *Teknoloji, 8*(1), 43-50.

Kaya, Ö. (2007). *Bulanık Doğrusal Programlama ve Üretim Planlama Üzerine Bir uygulama.* İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi.

Kayır, Y., Demirer, E., & Güneş, S. (2018). Takma Uçlu Matkap Ve Kesme Parametrelerinin Seçimi İçin Bir Uzman Sistem. *El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi, 5*(3), 797-806.

Kayır, Y., Mergen, R., & Asal, Ö. (2019). Rulman Seçimi İçin Bir Uzman Sistem. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi (GMBD), 5(3)*, s. 216-226.

Kayır, Z. Y. (2007). Türkiye Paslanmaz Çelik Üretebilir mi. *Demir Çelik Sempozyumu ve Sergisi*, 98-101.

Kurbanoğlu, S. (1992). Uzman Sistemler. *Türk Kütüphaneciliği, 6*(4).

Nabiyev, V. V. (2012). *Yapay Zeka: İnsan - Bilgisayar Etkileşimi* (4 b.). Ankara: Seçkin | Teknik.

Önderoğlu, M. Ö. (2018). Rota Seçimi Yapabilen Uzman Sistem Yaklaşımı. *Artificial Intelligence Studies Yapay Zeka Çalışmaları*, 30-38.

Saade, J. J., & Diap, H. B. (2004). Defuzzification Methods and New Techniques for Fuzzy Controllers. *Iranian Journal Of Electrical and Computer Engineering*, 161-174.

Samanta, D. (tarih yok). *The Department of Computer Science and Engineering at the Indian Institute of Technology Kharagpur*. The Department of Computer Science

and Engineering at the Indian Institute of Technology Kharagpur Web s. adresinden alındı

Şen, Z. (2020). *Bulanık Mantık İlkeleri ve Modelleme* (4 b.). İstanbul: Su Vakfı.

Şenol, C. (2010). *Yapay Sinir Ağı ve Bulanık Mantık Hibrid Yapı ve Algoritmalarının Geliştirilmesi.* İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı, Yayımlanmış Doktora Tezi.

Shafer, G. (1990). Why Should Statisticians Be Interested in Artificial Intelligence? *Fifth Annual Conference on Making Statistics Teaching More Effective.* KANSAS.

The Department of Computer Science and Engineering at the Indian Institute of Technology Kharagpur. (2022 Temmuz 25). The Department of Computer Science and Engineering at the Indian Institute of Technology Kharagpur Web Sitesi: https://cse.iitkgp.ac.in/~dsamanta/courses/archive/sca/Archives/Chapter%205%20Defuzzification%20Methods.pdf adresinden alındı

Zeyveli, M., & Güldaş, A. (2004). Taşlama Operasyonları İçin Uzman Sistem Destekli Zımpara Taşı Seçimi. *Teknoloji, 7*(2), 241-249.

ÖZGEÇMİŞ

Ayhan ŞAHİN

Eğitim

Yüksek Lisans	2022	Maltepe Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Lisans	2012	Anadolu Üniversitesi, İşletme Fakültesi İşletme Anabilim Dalı
Ön Lisans	2012	İstanbul Üniversitesi, Teknik Bilimler M.Y.O Bilgisayar Programcılığı Anabilim Dalı
Lise	2000	Niksar G.O.P Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Bilgisayar Programcılığı

İş/İstihdam

2020-Halen	BT Müdürü ve ERP Sorumlusu, Borşen Boru AŞ
2016-2020	BT ve ERP Sorumlusu, Borşen Boru AŞ
2012-2016	Yazılım Geliştirme ve ERP Sorumlusu, Borşen Boru AŞ
2011-2012	Yazılım Geliştirme Uzmanı, Borşen Boru AŞ
2010-2011	Bilgisayar Programcısı, CSH Bilişim Sistemleri
2008-2009	Bilgi Teknolojileri Sorumlusu, Ceylanlar Perfore
2005-2007	Bilgi İşlem Admini, Bodycote-Istaş Isıl İşlem