

# GAZALTI KAYNAĞINDA BULANIK MANTIK KONTROLLÜ İZ TAKİP SİSTEMİNİN UYGULANMASI\*

## Ahmet Öztürk

Öğr. Gör.,

Artvin Çoruh Üniversitesi MYO, Artvin  
ahmetozturk@artvin.edu.tr

## İlhan Asiltürk\*\*

Doç. Dr.,

Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi,  
Makine Mühendisliği Bölümü, Konya  
iasilturk@yahoo.com

## Hayrettin Düzcükoğlu

Prof. Dr.,

Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi,  
Makine Mühendisliği Bölümü, Konya  
hayduzcukoglu@hotmail.com

## Ömer Aydoğdu

Doç. Dr.,

Selçuk Üniversitesi,  
Mühendislik Mimarlık Fakültesi,  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya  
oaydodu@selcuk.edu.tr

## ÖZ

Bu çalışmada, kaynak iz takibinde kullanılan iz takip sensörleri, kaynak yapılacak sistemlerde yatay ve dikey hareket ederek kaynak iz bölgesini tanımlamaktadır. Tanımlanan bu kaynak iz bölgesi, daha sonra fuzzy kontrol algoritması kullanılarak hesaplanmaktadır. Hazırlanan bulanık mantık kural tabloları ile yapılacak kaynak süreçleri tanımlanmıştır. Kaynak iz takibinde  $X$  ve  $Y$  koordinatlarındaki değişimler bulanık mantık kontrol algoritması sayesinde tahmin edilmektedir. Kontrol elemanlarındaki hız değişimleri veya kaynak bölgesi açısal değişimler ani olmadığından,  $X$  ve  $Y$  yönlerindeki hareketleri sağlayan kontrol elemanlarının hızları da sabit olmaktadır. Eğer kaynak izi takibinde ani olarak değişimler meydana gelirse, bulanık mantık algoritması hata değişim miktarını hesaplayıp hareket elemanlarına sinyal göndererek kontrol elemanlarının hızlarını değiştirmektedir. Bu sayede, kaynak torcunun pozisyon hareketleri kaynak izi takibiyle tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kaynak, iz takibi, bulanık mantık, lazer sensör

# APPLICATIONS OF FUZZY CONTROL IN GAS SHIELDED ARC WELDING SEAM TRACKING SYSTEM

## ABSTRACT

In this study welding seam tracking used seam tracking sensors in the welding systems by the horizontal and vertical welding defines the region. This defined the welding seam regions then is calculated using fuzzy control algorithm. Fuzzy rule tables prepared to be done with the welding process described. The welding seam tracking changes in the  $X$  and  $Y$  coordinates of thanks to fuzzy logic control algorithm is estimated. When the rate of change of the control elements or the welding region of the angular changes are not sudden,  $X$  and  $Y$  movements directions providing speed of the control elements is also fixed. If sudden changes occur in welding seam tracking, fuzzy logic algorithm calculates the amount of change of the error by sending a signal to adjust the speed and motion of the elements has the ability to control the elements. Thanks to this, the welding torch movements of with weld seams have been determined to be in the suitable location.

**Keywords:** Welding, seam tracking, fuzzy, laser sensor

\*\* İletişim Yazarı

Geliş tarihi : 30.01.2016

Kabul tarihi : 05.02.2016

\* 20-21 Kasım 2015 tarihlerinde Makina Mühendisleri Odası tarafından Ankara'da düzenlenen Kaynak Teknolojisi IX. Ulusal Kongre ve Sergisi'nde bildiri olarak sunulan bu metin, yazarlarınca Dergimiz için makale olarak yeniden düzenlenmiştir.

Öztürk, A., Asiltürk, İ., Düzcükoğlu, H., Aydoğdu, Ö. 2016. "Gazaltı Kaynağında Bulanık Mantık Kontrollü İz Takip Sisteminin Uygulanması," Mühendis ve Makina, cilt 57, sayı 674, s. 57-64.

## 1. GİRİŞ

Gazaltı kaynağı günümüzde yaygın olarak kullanılan imalat yöntemlerinden biridir. Bu kaynak yönteminin her türlü kaynak pozisyonunda yapılabilmesi, metal yığıma hızının yüksek olması ve yoğun bir cüruf tabakasını oluşturmaması vb. nedenlerden dolayı daha fazla tercih edilmektedir. Kaynak bağlantılarından beklenen özellikler kaynak dikiş geometrisine ve özelliklerine doğrudan bağlıdır. Dolayısıyla, iyi bir kaynak dikişi için kaynak izi parametrelerin uygun olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu yüzden, aradaki ilişkinin belirlenmesi ve kaynak izi parametre değerlerinin optimum seçilebilmesi için yapay zeka teknolojilerine başvurulmuştur.

Lazer iz takibi sistemlerinin temel amacı, kaynak boşluğu geometrisini belirleyerek kaynak torcu pozisyonunun temassız bir şekilde kontrolüdür. Ancak, robotik kontrol sistemlerinden doğru kaynak dikişi izleme doğruluğu ve tasarımı çok zordur.

Lazerli kaynak izi takibinin en büyük avantajı, yüksek hassasiyette otomatik takip ederek, yapılan kaynağın kalitesinin artırılmasıdır. Lazer sensörlü iz takip sistemi, kaynak işlemi sırasında devamlı olarak kaynak bölgesini tarayarak, kaynak torcunu kaynak profili üzerinde daima istenilen noktaya hizalanmasını sağlamaktadır. Sonuç olarak, kaynak işlemi diğer metotlara kıyasla çok daha olumlu sonuçlarla hedeflenen kaynak noktalarına yapılmış olur. Bu sayede, kaynak yapılan malzemede hatalar azaltılabilir ve birleşim noktasında kaynak penetrasyonunun beklenen standartlarda olmasına yardımcı olur.

Sistemin bir diğer avantajı ise kaynağın estetik görünümüne olan katkısıdır. Manüel kontrol ile yapılan uygulamalarda, kaynak pozisyonunda düzeltme yapabilmek için değişimin insan gözü ile görülebilecek bir boyutta olması gerekir. Lazer sensörlü kaynak iz takip sistemi yüksek teknolojiye sahip olduğundan dolayı çok daha yüksek hassasiyete sahiptir. İnsan gözü ile zor fark edilen oynamalarda bile, kullanılan lazer sensör sayesinde takibi yapılacak olan noktanın kaynak iz profili konumu daha hassas bir şekilde izlenebilmektedir.

Konu ile ilgili yapılan bazı literatür çalışmaları aşağıda verilmiştir:

Yanling ve arkadaşları [1] çalışmalarında, gerçek zamanlı robotik gaz tungsten ark kaynağı (GTAW) ve gaz metal ark kaynağının (GMAW) bilgisayar görüntülü uygulama teknolojisi gerçekleştirmişlerdir. Kaynak izlerini izlemek için görüntü teknikleri ve bunları doğru bir şekilde işleyebilmek için net gerçek zamanlı kaynak görüntüleri elde etmenin önemini vurgulamışlardır. Kaynak ağzını takip edebilmek hassasiyetle doğrudan ilişkilidir. Ayrıca bu çalışmada, kaynak ağzı izleme doğruluğunu geliştirmek, net ve kararlı gerçek zamanlı kaynak görüntüleri elde edebilmek için özel bir izleme sistemi tasarlamışlardır. Geliştirmiş oldukları kenar tespit algoritması

ile kaynak görüntü özelliklerinin analiz edilmesi, daha doğru kaynak izlerinin algılanması ve kaynak havuzunun karakteristik parametrelerinin belirlenmesini amaçlamışlardır. Bu görüntü işleme sistemini yaptıkları hassas deneyler ile doğrulamışlardır.

He ve arkadaşları [2] çalışmalarında, otomatik çok geçişli rota planlama da robot metal aktif gaz (MAG) kaynağının kalın plakalar için önemli bir teknoloji olduğunu vurgulamışlardır. Bu araştırma, kaynak iz profil noktalarının çıkarılması özelliği için otomatik çok geçişli rota planlaması, MAG ark kaynağı sırasında her katman ve ilk kaynak pozisyonu için rehberlik etmektedir. İki aşamadan oluşmaktadır: İlki, konumlandırılmış bir görüntü sensörü aynı anda, aynı karede lazer çizgilerini ve erimiş havuzları yakalamak için kullanılır ve kaynak iz profilini oluşturan lazer şerit, çıkıntılara dayalı bir görsel model ile tespit edilmektedir. İkincisinde, kaynak iz profil noktalarını çıkarmak için polinom uydurmaya ek olarak türevlerinin bir metodolojisi önerilmektedir. Bu çalışmada önerilen modelin, tipik şablon eşleştirmeye ek olarak özel nokta çıkarma yöntemi ve lazer şeritlerinin etkinliği vurgulanarak, bu alanda klasik olanlardan daha iyi sonuç verdiğini savunmuşlardır. Son olarak, önerilen modelin, performansı farklı katmanlar ve farklı kaynak deneylerinde yakalanan farklı kaynak iz görüntülerinin üzerinde çalışmalar yapmışlardır.

Wei ve Kovacevic [3] çalışmalarında, bir lazer tabanlı yapay görme sistemin, kaynak sürecini kontrol etmek ve izlemek için geliştirip ve uygulamışlardır. Sistem, üç ana modülden oluşmaktadır: Bir lazer tabanlı görüntü sensör modülü, bir görüntü işleme modülü ve çok eksenli hareket kontrol modülünden oluşmaktadır. LabVIEW platformu üzerinde geliştirilmekte ve uygulanmakta olan yeni bir görüntü işleme algoritması, görüntü işleme modülü, görüntü sensörü tarafından çekilen görüntüleri işleyerek farklı kaynak birleşim yerlerinin belirlenmesinde ve özel noktaların tespit edilmesinde kullanılmıştır. Tespit edilen özel noktalara göre, konum bilgileri, derinlik, genişlik, plakalar arasında uyumsuzluk ve enine kesit alanından kaynak bağlantılarının geometrik özellikleri elde edilebildiği gibi, gerçek zamanlı olarak da izlenebilmektedir. Kaynak birleşim yerlerinin 3D profili, kaynak işlemi sırasında, kaynak sonrası kalite kontrol amacıyla gerçek zamanlı olarak kaydedilmiştir.

Moradi ve arkadaşları [4] çalışmalarında, kaynak iz takip sistemini elektro-mekanik eski sistem yerine geliştirip uygulamışlardır. Kaynak ağzı izleme sisteminin doğruluğunu geliştirmek ve çevre koşullarının etkisini azaltmak için yeni bir algoritma ile kaynak ağzını ortalama çalışılmışlardır. Kaynak izi görüntüleri, bir kamera ile kaynak konumunu tespit etmek ve kaynak parametrelerini belirlemek için makine önüne konumlandırılmıştır. Gerçek endüstriyel ortamda bir dizi deneylerden sonra, bu yöntemin kaynak kalitesini iyileştirdiği görülmüştür.

Du ve arkadaşları [5] çalışmalarında, kaynak robotlarının kaynak izi izleme sistemlerinde görüntü üzerinde belirlenemeyen netlik sorununu çözmek için, bulanık Kalman filtre algoritmasına dayalı Multi-Sensör (MSDF) Veri Füzyon algoritmasını önermişlerdir.

Zou ve arkadaşları [6] çalışmalarında, spiral boruların tahribatsız muayeneyi gerçek zamanlı radyografik kaynak hata tespiti için Kalman filtrelemeye dayalı bir yöntem önermişlerdir. Görüntüdeki parazitlik ve arka plan karışıklığı çok sayıda yanlış alarm neden olmuştur. Görüntü hatalarının yörünge sürekliliği, gerçek hataların tespiti Kalman filtreleme tarafından tespit edilmiştir. Sürekli bir hareket olmadığında, potansiyel hata bölgeleri yanlış alarm olarak kabul edilerek o bölgeleri elimine etmişlerdir. Yöntemin sağlamlığını da kararsız algılama hızları altında doğrulamışlardır.

Luo ve arkadaşları [7] çalışmalarında, kaynak izinin doğrusal olmaması ve kaynak robotlarında kaynak iz değişimlerinin hızlı olması nedeniyle yüksek hassasiyetli lazer kaynak robotlarında gözlenen hataları telafi etmek için endüstriyel robotlar ve hazır sensörler kullanarak yeni bir mimariye sahip robotik kaynak izi takip sistemini geliştirmişlerdir. Kaynak robotlarında yapılan deneylerde geliştirilen kaynak iz takip sistemi kullanılarak TCP yöntemiyle,  $\pm 0.1$  mm yanılma payıyla, 100 mm/s yüksek hızda hem doğrusal hem de doğrusal olmayan uzun kaynak izleriyle kaynak yapılabildiğini gözlemlemişlerdir.

Braunreuther ve arkadaşları [8] çalışmalarında, teorik kaynak yolu ve iş parçasının gerçek hatları arasındaki sapmalar nedeniyle, kaynak sonuçlarının genellikle kalite gereksinimlerini karşılayamadığını vurgulamışlardır. Bu sorunu endüstriyel görüntüleme kullanarak çözebilmişlerdir. İş parçası hakkında bilgiyi, kameraya bağlı lazer ışını ile aynı optik yolu kullanan lazer tarayıcı ile elde etmişlerdir.

Huang ve arkadaşları [9] çalışmalarında, kaynak izi takip yeteneğinin otomatik lazer kaynak sistemleri için kilit bir nokta olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında, lazer sensörlü kaynak ağzı izleme teknolojisinin durumunu anlatmışlardır. Otomatik lazer kaynağa kullanılan sensörlerin, özellikle izleme sensörlerinin çalışma prensiplerini ve özelliklerini analiz etmişlerdir. Otomatik lazer kaynak izi takip sistemlerinin kontrol algoritmalarını da tartışmışlardır.

Heber ve arkadaşları [10] çalışmalarında, geleneksel kaynak işlemlerinde kalite kontrolü görsel olmayan bilgilere dayanarak otomatik ve özellikle off-line yapmışlardır. Bu çalışmada, kaynak işlemi on-line izleme yeteneğine sahip görüntü alma sistemi, kaynak işlemi sırasında sürekli yüksek kaliteli görüntü bilgilerini elde etmektedir. Ayrıca daha yoğun kaynak dumanı ve gaz etkileri altındaki görüntülerden kaynak iz konumunun nasıl otomatik takip edileceğini bu görüntü bilgilerini kullanarak göstermişlerdir. Kaynak dikişinde etkin ve kusur-

suz bir görüntü elde edebilmek için optik olarak birbirini takip eden karelerden yüksek bilgiler alınmasıyla, duman, kıvılcım vb. gibi olumsuzlukların etkilerini ortadan kaldırmışlardır.

Xiong ve arkadaşları [11] çalışmalarında, görüntü sensörünü, izleme ve otomatik kaynak kontrol işlemi için kullanılan en güçlü temassız algılama teknolojilerinden biri olarak tanımlamışlardır. Görüntü sensörünün kaynak iz takibinde başarılı olabilmesi için görüntü işleme etkinliği temel oluşturmaktadır. Bu çalışmada, bir görüntü toplama ünitesi, bir görüntü işleme sistemi içeren ve kaynak izini takip edebilen bir ark kaynak robotunu tasarlamışlardır. Bulanık mantık teorisine dayanan bir görüntü işleme algoritması detaylı olarak uygulanmıştır. Bu yöntemle yapılan deneyin sonuçları kaynak ağzı kenarlarının doğru bir şekilde saptanabildiğini göstermiştir.

Bracun ve Sluga [12] çalışmalarında, kaynak yolu ölçüm sistemini (WPMS), çok geçişli ve onarım kaynağında veya kritik bölge kaynaklarının yapılabilmesinin daha iyi sonuç vermesini sağlamak amacıyla geliştirmişlerdir. Gelişmiş WPMS sistemi, 3D alanında stereo görüş ilkesine göre ark konumunu ölçmektedir. Bir 3D kaynak yolu, ark pozisyonlarının zaman dizisini anında gösterir. Bu da kaynak veya kaynak havuzu hakkındaki bilginin taşındığına işaret eder. Test kaynağı geliştirilen bu sistemi doğrulamak için, kanal şeklindeki kaynak yolunda yer alan torç hareketi ve bozuklukları simule edilmiş ve bunun nasıl olduğu gösterilmiştir. Simule edilmiş düzensizlikleri kaynak yolunun anormallikleri olarak tanımlamışlardır.

Xu ve arkadaşları [13] çalışmalarında, gaz tungsten ark kaynak işlemi esnasında, kaynak robotlarının kaynak izi izleme kontrolünü öğrenme ve geri besleme gibi eksiklerinin üstesinden gelebilmek için gerçek zamanlı kaynak ağzı izleme teknolojisi hakkında bilgi vermişlerdir. Kaynak robotları için bir takım görüntü işleme sistemleri, net ve kararlı kaynak görüntüleri elde edebilmek için tasarlanmıştır. Canny algoritması, kaynak görüntülerinin özelliklerini analiz etmek, kaynak izlerini ve havuz kenarlarını algılamak, kaynak görüntülerinin karakteristik parametrelerini elde etmek için geliştirilmiştir.

## 2. ROBOTİK MIG KAYNAK İŞLEMİ

MIG kaynağında ergiyen metal elektrot, hem kaynak dolgu malzemesi hem de elektrik arkının taşıyıcısıdır. "Sonsuz" kaynak teli iki veya dört tahrik makarası üzerinden torcun içine ulaşır ve kontak memesinde akım geçişi meydana gelir. Serbest tel ucunun etrafı bir gaz nozulu tarafından eş merkezli olarak sarılır. Yayılan koruyucu gaz, sıcak iş parçası yüzeyinin etraftaki hava ile kimyasal tepkimelere girmesini önler. Kaynatılmış metalin sağlamlığı ve dayanıklılığı bu şekilde korunmuş olur. Neredeyse tüm metallerin kaynağında ve her pozisyonda etkili olabilmektedir. Diğer geleneksel süreçler için daha az operatör becerisi gerektirmektedir. Bu nedenler-

den dolayı robotik kaynak işlemlerine kolayca adapte edilebilmektedir.

### Sağlık ve Güvenlik

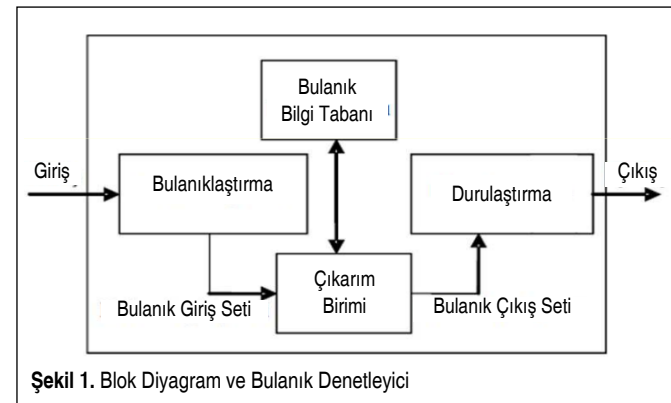
Ark kaynak işlemlerinde karşılaşılan potansiyel tehlikeler, yüksek elektrik gerilimi, sağlık için tehlikeli olan duman ve gazlar, gürültüden dolayı işitme bozukluğu, elektrik ark radyasyonu gözlerle zarar vererek cildi yakabilir, çalışanların ölümüne ve yaralanmasına neden olabilmektedir. Yüksek güç kaynaklarının devre voltajı, tehlikeli elektrik çarpmalarına neden olabilir. Bunlar, tüm elektrikli ekipman ve çalışma bağlantı parçalarının topraklanması ile önenebilir. Tüm elektrik kabloları maksimum akıma uygun olmalı ve yalıtımlı ve kuru kalmalıdır.

### 3. BULANIK KONTROL SİSTEMİ

Kaynak yörüngeleri takibi için kontrol sistemleri daha sık kullanılmaya başlanmıştır. Bu kaynak izi takip işlemleri daha karmaşık ve sağlam kontrollere ile kontrol edilmektedir. Kontrolörün amacı, kaynak yapılması için bir robot kolunun koordinatlarındaki hareketini kontrol ederek kaynak izinde meydana gelen değişimleri telafi etmek ve kaynak yörüngesini düzeltmektir.

#### Bulanık Sistem

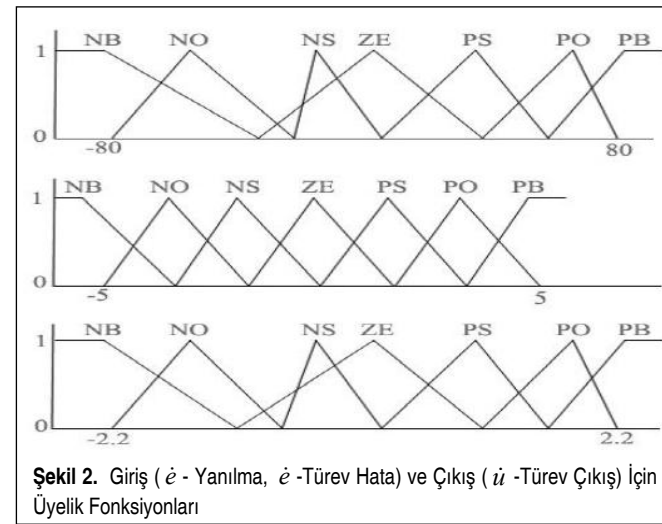
Bulanık mantık kontrolü kullanarak bu uygulamayı oluşturmak için aşağıdaki temel adımların takibi gerekmektedir: Bunlar normalleştirme, bulanıklaştırma, bulanık kurallar, durulaştırma ve de-normalleştirme'dir [14]. İlk adım, bir sensör tarafından sağlanan bilgidir. Okunan değer de gerçek bir değerdir. Normalleşme denilen bir işlemin kullanılması nedeniyle, veri kontrolörü doğası gereği bir ve sıfır gibi bir dizi giriş kodlarıyla kodlanmalıdır. Bulanıklaştırma olarak bilinen sonraki adım da bir veri sistemi bulunur ki bu da bulanık verileri oluşturmaktadır. Veriyi bulanık verilere dönüştürmek, bulanık kümelerin bir dizi karşı üyelik derecesini veya sahiplik değerlerini hesaplamak için yapılmaktadır. Bulanık veriler, bu bulanık kuralları oluşturmak için kullanılmıştır. Bu kurallar bizim



Şekil 1. Blok Diyagram ve Bulanık Denetleyici

sistem ihtiyaçlarına göre inşa edilir. Değerlendirildikten sonra, çıkışta her birinin üyeliğinin ne derece olduğu bilinmektedir. Son olarak, gerçek sayılar kümesi bizim verilerimizi dönüştürerek robot için gerekli olan yeni çıkış koordinatlarını vermektedir. Elde edilen veriler durulaştırma işlemine tabi tutulduktan sonra, normalleştirme işlemleri doğru kaynak yolunu bize vermektedir. Sistemimize ait olan blok diyagram ve bulanık denetleyici Şekil 1'de gösterilmektedir.

Bu çalışmada, Mamdani tipi bulanık model kullanılmıştır. Kullanılan modelin üyelik fonksiyonları Şekil 2'de gösterilmiştir. Burada, normalleşme, bulanıklaştırıcı, bilgi tabanı çıkarım sistemi, durulaştırma ve de-normalizasyon bloğundan oluşan bilgi bankası kullanılmıştır. Bulanık denetleyici, iki girişi ( $\dot{e}$  - yanılma,  $\dot{e}$  - türev hata) ve tek çıkış ( $\dot{u}$  - türev çıkış) için dizayn edilmiştir.

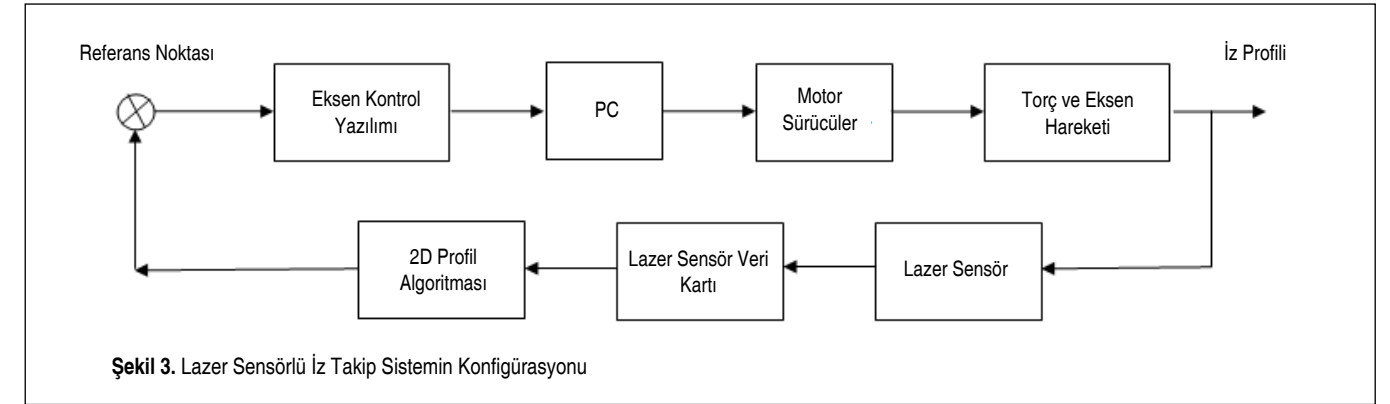


Şekil 2. Giriş ( $\dot{e}$  - Yanılma,  $\dot{e}$  - Türev Hata) ve Çıkış ( $\dot{u}$  - Türev Çıkış) için Üyelik Fonksiyonları

### 4. MATERYAL VE METOT

Yapılan bu çalışmada, kaynağın düzgün yapılabilmesi, torcun belirlenen kaynak ağız pozisyonunda ilerlemesini sağlamak için bulanık mantık kontrollü lazer sensörlü iz takip sistemi geliştirilmiştir. Lazer sensörlü iz takip sisteminin konfigürasyonu Şekil 3'te verilmiştir. Kaynak izi takibinde, özellikle doğrusal olmayan kaynak izi takiplerinde günümüzde bazı zorluklar oluşmaktadır. Aynı zamanda kaynak iz takibinin yeterli olmaması ve kaynak ağızının standartlara göre açılmaması durumunda kaynak kusurları oluşmaktadır [15]. Özellikle yüksek basınçlı kaplarda sızdırmazlık ve hatalar beklenmeyen zamanlarda, çalışma esnasında meydana gelebilir.

Yüksek basınçlı kap uygulamalarında çift lazer sensör iz takip sistemi uygulanmaktadır. Sistemde uygulanan çift lazer sensörlü kaynak izi takip sistem uygulama örneği Şekil 4'te gösterilmektedir. İş parçası gövdesine puntalanan kapaklar bir ayna punta arasına yerleştirilir. Daha sonra, bu iş parçasına iz takibi yapacak olan lazerli iz takip sensörleri konumlandırılır.



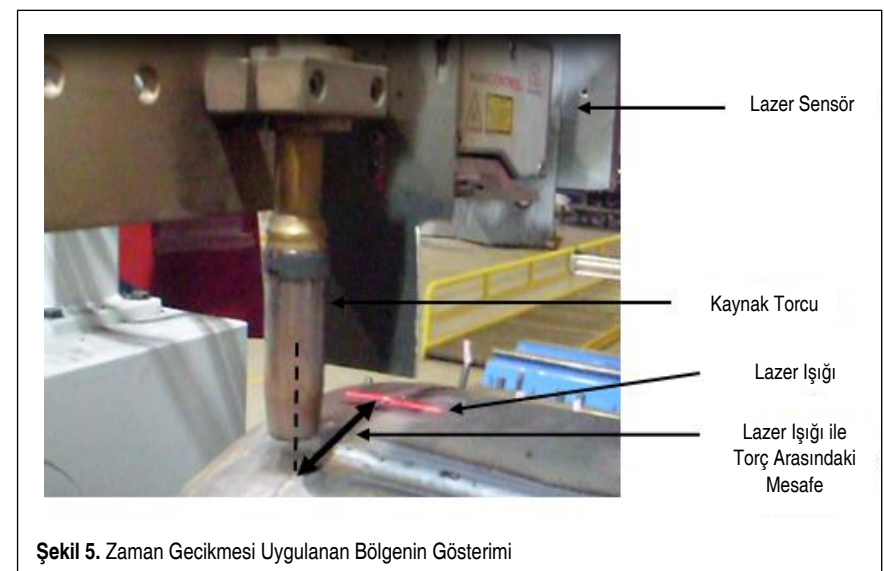
Şekil 3. Lazer Sensörlü İz Takip Sistemin Konfigürasyonu



Şekil 4. Basınçlı Kaplarda Çift Lazer Sensörlü Kaynak İzi Takip Sistem Uygulaması

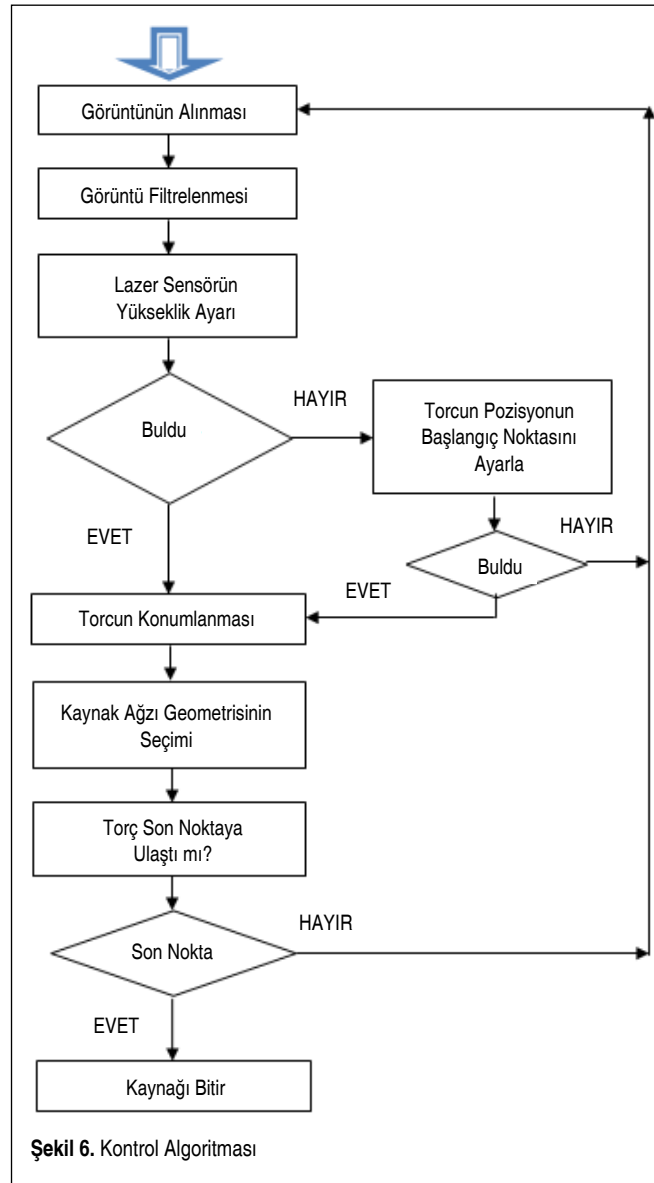
Sisteme ilave edilen bir encoder (kodlayıcı) yardımıyla, ayna punta arasına bağlanan iş parçasının kaç derece döndürüldüğü hesaplanmaktadır. Bu hesaplamaların amacı, son kaynak noktasını kaynak başlangıç noktası üzerine bindirmektir. İş parçasına yükseklik ve eksenel olarak konumlanan lazer iz takip sensörleri, iş parçasının harekete başlamasıyla, lazer sensörden aldıkları eksen ve yükseklik verilerini kontrol ünitesine göndermeye başlar. İz takip sisteminde gelen veriler hazırlanan bulanık mantık algoritmasında değerlendirildikten sonra, hesaplanan eksen ve yükseklik verileri elde edilen hız aralıklarına göre motor sürücülerine gönderilerek motorlara hareket verilmektedir.

Lazer sensör iz takip noktası ile kaynak torcunun arasında belirli bir mesafe olması gerektiğinden dolayı, sistem algoritması sensörden gelen ve işlenen verileri hesaplanan zamana göre gecikmeli olarak uygulamaktadır. Gecikme uygulama bölgesi Şekil 5'te gös-



Şekil 5. Zaman Gecikmesi Uygulanan Bölgenin Gösterimi

terilmiştir. Bu gecikme, zaman olarak uygulanabildiği gibi, sistemimizde mevcut olan encoder sayesinde açılabilir olarak da sağlanabilmektedir.



Bu çalışma çerçevesinde, özellikle kaynak izinin lazer sensör ile iz takibini sağlamak için bulanık mantık kontrol algoritması kullanılarak bir bilgisayar programı hazırlanmıştır. Hazırlanan bilgisayar programının kontrol algoritması Şekil 6'da gösterilmiştir.

Kaynak iz takibinde  $X$  ve  $Y$  koordinatlarındaki değişimler bulanık mantık kontrol algoritması sayesinde tahmin edilmektedir. Bu hız değişim yönleri veya açısal değişimler ani olmadığında,  $X$  ve  $Y$  yönlerindeki hareketleri sağlayan step motorlarının hızları sabit olmaktadır. Eğer kaynak izi değişimleri ani olarak değiştiği zaman, bulanık mantık algoritması hata değişim miktarının yardımı ile step motorlara sinyal göndererek hızlarını değiştirir. Bu sayede, kaynak torcunun takibi kaynak izi ile aynı konumda olmaktadır.

Bu çalışmada, kullanılan lazer iz takip sensörünün genel özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

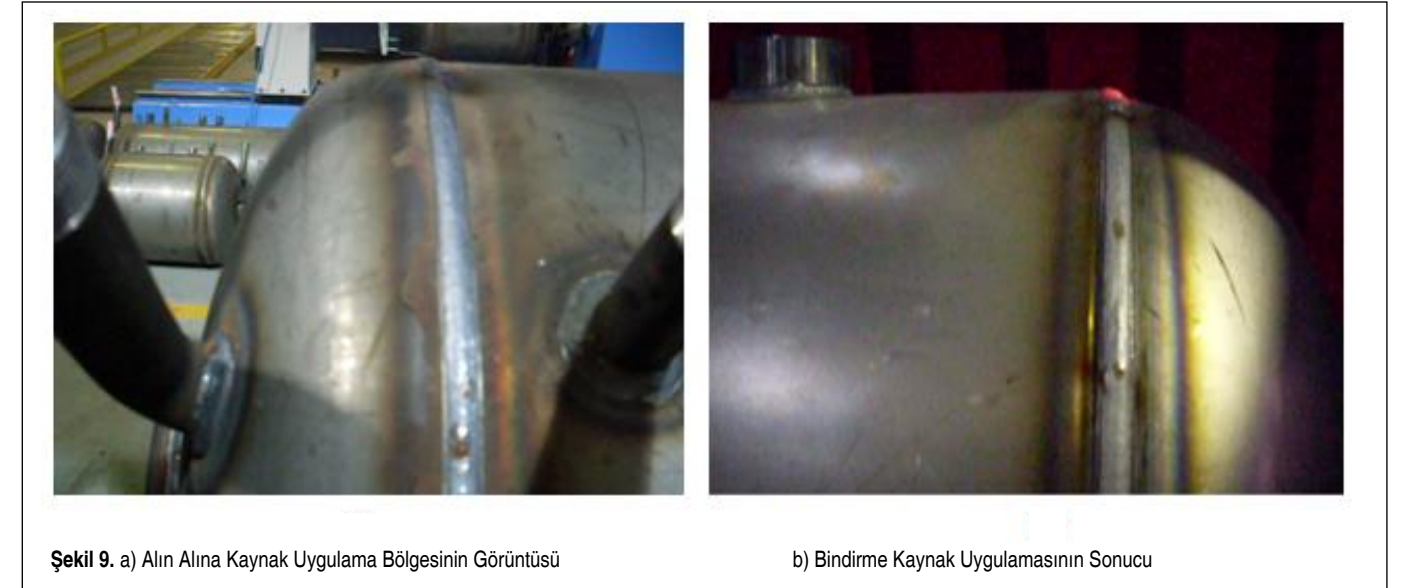
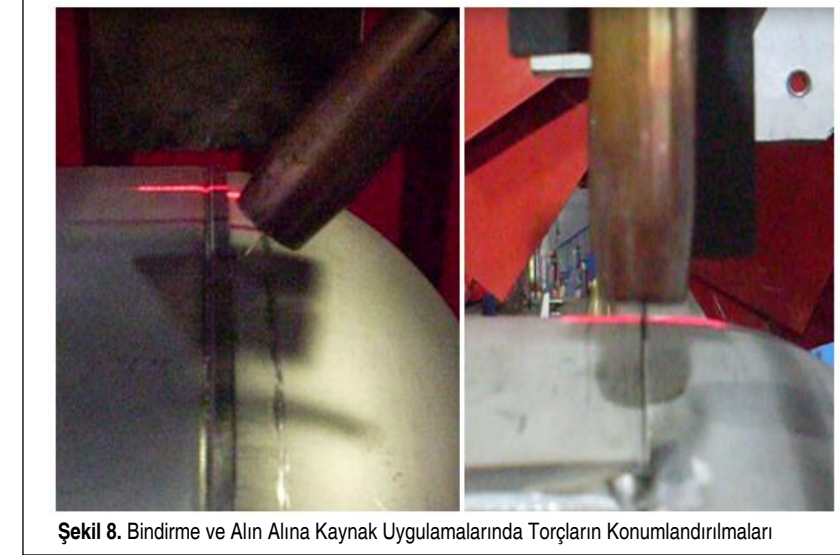
Boyer kazan kaynaklarında kaynak yapılacak kazanların boylarına göre kaynak torçlarının konumları değişmektedir. Çünkü küçük boylu kazanlarda alın kaynağı yapılırken boyları uzun kazanlarda bindirme kaynağı yapılmaktadır. Bindirme kaynağında dikişin çekileceği bölge yönünden, üst üste konulan parçalar köşe oluşturduğundan dolayı köşe kaynağına benzerdir. Çalışma açısı olarak kaynak torcu  $45^\circ$  ile  $60^\circ$  açı ile konumlandırılmaktadır. Bindirme ve alın alına kaynak uygulamalarında torçların konumlandırılmaları Şekil 8'de gösterilmiştir. Uygulanan bu iki kaynak birleştirme yönteminde elde edilen kaynak bölgesinin görüntüleri Şekil 9'da gösterilmiştir.

Boyer kazanlarında yapılan uygulamalardan sonra, boyler kazanlarına hem basınç testi hem de sızdırmazlık testi uygulanmıştır. Testlerin sonuçları istenilen değerler arasında çıkmıştır. Ayrıca yapılan kaynaklarda estetik bir görüntü sağlanmıştır. Uygulama yapılan bazı Boyler kazanlarının kaynak sonrası görüntüleri Şekil 10'da gösterilmiştir.



**Tablo 1. Lazer İz Takip Sensörünün Teknik Özellikleri (Scancontrol 2700-25)**

Özellik	LLT27x0-25
Z Eksen Ölçüm Aralığı	25 mm
Ölçme Başlama Aralığı	90 mm
Ölçme Bitiş Aralığı	115 mm
Genişletilmiş Yaklaşık Ölçüm Aralık Başlangıcı	85 mm
Genişletilmiş Yaklaşık Ölçüm Aralık Bitişi	125 mm
Orta Mesafeli Satır Uzunluğu, X Eksen	25 mm
Doğruluk	$\pm 0.2\%$ FSO ( $3\sigma$ )
X Eksen Çözünürlüğü	640 nokta/ profil
Profil Frekansı	100 Hz
Koruma Sınıfı	IP 64



## 5. SONUÇ

Lazerli iz takip sisteminden faydalanabilmek için ihtiyaçlar ve beklentiler dikkatlice tespit edilmelidir. Kaynak işleminin yapılacağı çevre şartları ve elemanları konumlandırma olanakları, istenilen üretim hızı, gerekli kalite seviyesi ve kaynak edilecek parçaların çeşitliliği öncelikle belirlenmelidir. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda öncelikle, uygulanacak kaynak yöntemi belirlenmelidir.

Çalışma sırasında karşılaşılan sıkıntılar ise kaynak bölgesi ve kaynak esnasında meydana gelen sıcaklığın, kullandığımız lazer sensörü olumsuz yönde etkilemesidir. Bu problemi azaltmak için sensörlerimize hava soğutması uygulanmıştır. Çalışma sonunda iyi bir kaynak kalitesi ve kaynak yapılan bölgede estetik bir görüntü elde edilmiştir. Gerçekleştirilen bu çalışmada, otomasyon sistemleri sayesinde birim zamanda gerçekleşen imalatta ve toplam üretimde artışlar görülürken, kusurlu çıkan malzeme sayılarında kayda değer azalmalar olmuştur.

## KAYNAKÇA

1. **Yanling, X., Gu, F., Shanben, C., Jujia, Z.** 2015. "Computer Vision Technology for Seam Tracking in Robotic GTAW and GMAW," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 32, p. 25-36.
2. **He, Y., Xe, Y., Chen, Y., Chen, H., Chen, S.** 2015. "Weld Seam Profile Detection and Feature Point Extraction for Multi-Pass Rout Eplanning Based on Visual Attention Model," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 37, p. 251-261.
3. **Wei, H., Radovan, K.** 2012. "Development of a Real-Time Laser-Based Machine Vision System," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology Journal*, vol. 63, p. 235-248.
4. **Moradi, N., Dezfulli, B., Mashalah, A., Alavi, C.** 2013. "Development a Vision Based Seam Tracking System for None Destructive Testing Machines," *International Journal of Computer Science & Network Solutions*, vol. 1, p. 45-56.
5. **Du, J., Hua, L., Ge, S., Gu, P.** 2012. "Weighted Multi-Sensor Data Fusion Based on Fuzzy Kalman Filter for Seam Tracking of the Welding Robots," *2nd International Conference on Advanced Engineering Materials and Technology (AEMT 2012)*, July 6-8, 2012, China, p. 800-805.
6. **Zou, Y., Du, D., Chang, B., Ji, L., Pan, J.** 2015. "Automatic Weld Defect Detection Method Based on Kalman Filtering for Real-Time Radiographic Inspection of Spiral Pipe," *NDT&E*, vol. 72, p. 1-9.
7. **Luo, Z., Dai, J. S., Wang, C., Wang, F., Tian, Y., Zhao, M.** 2012. "Predictive Seam Tracking with Iteratively Learned Feedforward Compensation for High-Precision Robotic Laser Welding," *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 31, issue 1, p. 2-7.
8. **Braunreuther, S., Hammerstingl, V., Schweier, M., Theodossiadis, G., Reinhart, G., Zaeh, M.** 2015. "Welding Joint Detection by Calibrated Mosaicking with Laser Scanner Systems," *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, vol. 10, p. 16-23.
9. **Huang, Y., Gao, X., You, D., Li, Z.** 2012. "Investigation of Laser Welding Seam Tracking Based on Visual Sensing," *2nd International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology*, p. 1197- 1200.
10. **Heber, M., Lenz, M., Rütke, R., Bischof, H., Fronthaler, H., Croonen, G.** 2013. "Weld Seam Tracking and Panorama Image Generation for on-Line Quality Assurance," *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 65, issue 9, p. 1371-1382.
11. **Xiong, Z., Wan, W., Pan, J.** 2011. "Application of Fuzzy Edge Detection in Weld Seam Tracking System. Robotic Welding," *Intelligence and Automation Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol. 88, p. 323-330.
12. **Bracun, D., Sluga, A.** 2015. "Stereo Vision Based Measuring System for Online Welding Path Inspection," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 223, p. 28-336.
13. **Xu, Y., Yu, H., Zhong, J., Lin, T., Shanben, C.** 2012. "Real-Time Seam Tracking Control Technology During Welding Robot Gtaw Process Based on Passive Vision Sensor," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 212, issue 8, p. 1654-1662.
14. **Davila-Rios, I., Lopez-Juarez, I., Navarro-Gonzalez, L.** 2010. "Welding Seam Tracking Controller Simulation Using Fuzzy Logic," *1st International Congress on Instrumentation and Applied Sciences*, 26th-29th October 2010, Mexico.
15. **Öztürk, A.** 2011. "Bulanık Mantık Kontrollü Kaynak Ağzı İzleyen kaynak Robotunun Tasarımı ve İmalatı," *Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya*.