

## **KAYNAK BAĞLANTILARININ BİLGİ TABANLI SİSTEMLER KULLANILARAK TASARIMI**

**Dr. Durmuş KARAYEL<sup>1</sup>, Dr. Sinan Serdar ÖZKAN<sup>2</sup>, Nuri AKKAŞ<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Sakarya Üniversitesi, Sakarya MYO Mekatronik Programı-SAKARYA

E-Posta: [dkarayel@sakarya.edu.tr](mailto:dkarayel@sakarya.edu.tr)

<sup>2</sup> Sakarya Üniversitesi, Sakarya MYO, Makine Programı- SAKARYA

[sozkan@sakarya.edu.tr](mailto:sozkan@sakarya.edu.tr)

<sup>3</sup> Sakarya Üniversitesi, Yapı İşleri Daire Başkanlığı-SAKARYA

[akkas@sakarya.edu.tr](mailto:akkas@sakarya.edu.tr)

### **Özet**

Bu çalışma, kaynak bağlantıları tasarımının baştan sona bütün aşamalarının bilgisayar ortamında gerçekleştirebilmesi için bütünleşik bir sistem oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla; AutoCAD, Solidworks gibi CAD yazılımları, Ansys Sonlu Elemanlar yazılımı ve Matlab hesaplama yazılımlarıyla etkileşimli çalışan, kaynak bağlantılarının tasarımına özel çok platformlu bir bilgisayar programı hazırlandı. Program ayrıca yapay zeka teknolojileri kullanarak kaynak parametrelerine karşılık ortaya çıkacak dikiş geometrisi ve/veya dikiş özelliklerini tahmin edebilmekle birlikte, istenen geometri ve özelliklere karşılık gelen kaynak parametrelerini de çok büyük bir yaklaşıklıkla belirleyebilmektedir. Bu da optimum kaynak parametrelerinin seçimi için oldukça yardımcı olmaktadır. Sistem; parça malzemeleri, parça boyutları ve çalışma şartları gibi alt menülere sahip tasarım modüllerinden meydana gelmektedir. Ayrıca sistem kaynak bağlantılarının tasarımı ile ilgili yol gösterici bilgilerin yer aldığı Yardımcı Bilgi ve Öneriler modülünü içermektedir. Çalışma tamamlandığında, büyük bir boşluğu dolduracağı ümit edilmektedir.

*Anahtar Terimler: Bilgi tabanlı sistem, kaynak bağlantılarının tasarımı, tasarımda yapay zeka*

### **Abstract**

This study purpose to develop an integrated system and it can realize overall stages of the design of welded joints from conceptual design to production by computer. For this reason, a computer software with multiplatform that can be used together professional CAD and analysis software such as AutoCAD, SolidWorks, Ansys Finite Element, Matlab has been prepared. Also, the proposed software can estimate the properties of welded joints according to welding parameters in design and so it can justly obtain welding parameters for desired geometry and properties. So, the software can contribute for the selection of optimum welding parameters. The system consists of design modules with sub modules such as material, dimension and operation conditions. Also, the system contains the module of knowledge and advices. We expect that the study will reply to necessity about subject

*Key Words: Knowledge Based System, Design of Welding Joint, Artificial Intelligence in design*

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda bilgisayar ve bilgi teknolojilerinde çok hızlı bir gelişme yaşanmaktadır. Bu gelişme bütün sektörleri etkilemiştir. Bu bağlamda mühendislik tasarımlarında ve imalatta kullanılmak üzere bir çok CAD-CAM yazılımları geliştirilmiştir. Günümüzde mühendislik tasarımları için bu yazılımlar analiz ve hesaplama ile montaj ve imalat resimlerinin çizilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bilgi teknolojilerindeki bu gelişmenin bir sonucu olarak ortaya çıkan yapay zeka yöntemleri ile veri tabanı yönetim sistemlerinin tasarımda kullanımı ve mevcut yazılımlarla bütünleşik çalışması çok yenidir.

Önemli bir bağlantı türü olan kaynak bağlantılarının tasarımı geniş bilgi ve uzmanlık gerektiren bir konudur. Kaynak bağlantılarının hesaplanmasında çok farklı malzeme özellikleri ile çalışma şartlarına karşılık gelen ve bir çoğu da deney sonucu elde edilmiş olan tablo ve diyagramlardan alınan değerler kullanılmaktadır. Bağlantıların şekillendirilmesi ise tamamen tasarımcının bilgi ve tecrübesine dayanmaktadır. Oysa bilinmektedir ki, aynı özelliklerde fakat farklı şekillendirmelerle yapılmış kaynak bağlantılarının performansı oldukça değişmektedir. Bu durum çoğu zaman dayanım açısından yetersiz bir bağlantı yada kaynak dikiş boyutlarının gereksiz yere aşırı büyütülmesi şeklinde olumsuz bir sonuç olarak ortaya çıkar.

Kaynak tekniği, tasarımda hiçbir imalat yönteminin sağlamadığı kadar serbestlik sağlar[1]. Bu durum, tasarımcının imalat maliyetleri ile mevcut imalat olanaklarını da göz önüne alarak amaca uygun optimum bir tasarımı gerçekleştirmekte vereceği kararı zorlaştırmaktadır. Ancak diğer taraftan, konstrüktif şekillendirme, kaynak konstrüksiyonunda bütün diğer imalat yöntemlerinden çok daha fazla etkilidir. Dolayısıyla başlangıçta tasarımla ilgili verilecek kararlar çok önemlidir. Özellikle büyük işletmelerde, en iyi çözümün bulunması konstrüktörler, imalat planlamacılar, kalite kontrolcüler, işletme ve imalat mühendislerinin bir araya gelerek karar vermesini gerektirir. Ne var ki çoğu zaman verilen kararlar söz konusu ortak aklın ürünü olmaz ve bu kararı tasarımdan sorumlu konstrüktör verir. Ancak, malzeme seçimi, parçanın şekillendirilmesi, kullanılacak ilave kaynak malzemesi, kaynak yöntemi, kaynağın muayene ve kontrolü, kaynak sırasında parçaya verilen ısı girdisi, kaynaktan önce ve sonra uygulanacak ısı işlemler gibi birbirinin içine girmiş bir çok etken bulunduğundan, konstrüktörün her konuda uzman olmadığı hususu göz ardı edilmemelidir[1]. Bu yönüyle bakıldığında kaynak bağlantılarında ortaya çıkan problemlerin bir çoğunun tasarım aşamasındaki hatalardan kaynaklandığı söylenebilir. Oysa günümüzde bilgisayar ve bilgi teknolojilerinin ulaştığı seviye, konuyla ilgili her türlü bilgi ve birikimin veri tabanlarında toplanabilmesine ve gerektiğinde çağrılmasına ve doğrudan hesaba dahil edilmesine imkan vermektedir.

Mevcut hesaplama yazılımları kullanılarak, her türlü hesaplama çok kolay ve çok hızlı bir şekilde doğrudan gerçekleştirilebilir. Konuyla ilgili tecrübe ve birikimler uzman sistem yazılımlarıyla tasarımda kullanılabilir. Yapay zeka teknolojilerini kullanarak, mevcut deneysel sonuçlardan yararlanarak kaynak bağlantısının değişen giriş parametrelerine göre işlem sonrası elde edilecek kaynak dikişinin özellikleri tasarım aşamasında büyük bir doğrulukla tahmin edilebilir. Hatta arzu edilen kaynak bağlantısı özellikleri için optimum kaynak faktörleri belirlenebilir. Diğer genel amaçlı CAD yazılımları, hesaplama ve analiz programları, söz edilen tekniklerle çok platformlu bir yazılım haline getirilebilir. Dolayısıyla, son yıllarda araştırmacılar çalışmalarını konunun bu yönü üzerinde yoğunlaştırmışlardır. Marcin Marek Kamiński kaynaklı metal yapıların güvenlik analizi için bir hesaplama yazılımını gerçekleştirmek üzere bir proje başlatmıştır. Proje, değişik kompleks kaynaklı yapısal sistemlerin optimizasyonunu yapabilecek bir nümerik analiz paketi haline gelmeyi nihai hedef olarak almaktadır[2]. P.G. Maropoulos ve arkadaşları, kaynak bağlantılarının tasarımı ve imalatı planlaması üzerine iki kısımdan oluşan bir çalışma yapmışlardır[3]. Çalışma Durham Üniversitesi(Londra) tasarım ve imalat araştırma grubu tarafından yapılmakta olan eş zamanlı montaj ve proses planlama sistemlerinin kaynak kısmını içermektedir. Bu ilk kısım ürün modellemeyi ele almakta ve sistemi genel olarak tanıtmaktadır. Yine P.G. Maropoulos ve arkadaşları, çalışmalarının ikinci kısmını proses planlama üzerine yoğunlaştırmaktadır[4]. Genelde uzmanlık bilgisini gerektiren proses tipinin, ekipmanların,

elektrot tipinin, malzeme ve proses parametrelerinin seçimi gibi önemli fonksiyonlar, geliştirilen sistem tarafından gerçekleştirilebilmektedir. I. L-Soon Kim ve arkadaşları gaz altı ark kaynağının(MAG) uygulaması sonucu ortaya çıkan ve proses parametrelerine bağlı olan dikiş geometrisinin boyutlarını tahmin edebilmek için bir yapay sinir ağı modeli geliştirmişlerdir[5]. Modelin iki ayrı eğitim algoritmasından elde edilen sonuçlar, verilen kriterlere karşılık gelen en iyi performansı bulmak için karşılaştırıldı. Sonuçta Levenberg Marguardt yaklaşımına dayanan algoritmanın gerçek değerlere daha yakın olduğu görüldü ve bu algoritma tercih edildi. O.E. Canyurt, genetik algoritmalar yaklaşımı kullanarak kaynaklı bağlantıların mukavemetini tahmin etmek üzere bir çalışma yapmıştır[6]. Çalışmada, pirinç malzemelerin kaynak bağlantılarının mukavemeti, parçalar arası boşluk, torch açısı, gaz miktarı, pals frekansı ve elektrotun eğrilik açısı gibi beş farklı kaynak parametresine göre araştırıldı. Sonuçta mukavemet üzerinde parametrelerin her birinin birbirinden bağımsız etkiye sahip olduğu görüldü. Parçalar arasındaki boşluk artışı mukavemetin düşmesine başlıca sebep olarak ileri sürüldü. Gaz miktarı ve pals frekansı için optimum değerler elde edilmiş olup bu değerlerin altında yada üstündeki büyüklükler için mukavemette düşüş olduğu belirtilmektedir. Torch açısı da bağlantının mukavemetini oldukça değiştirmektedir. Literatürde konu genelde bir yönüyle ve çok sınırlı olarak ele alınmaktadır.

Bu çalışma, kaynak bağlantılarının tasarımına çok daha geniş bir bakış açısıyla yaklaşarak konunun bütün yönlerini kapsamaktadır. Çalışma çok kapsamlı bir projenin başlangıç aşamasıdır. Kaynak bağlantıları tasarımının bütün aşamalarını bilgisayar ortamında gerçekleştirmeyi amaçlayan bu çalışma; hesaplama, analiz, şekillendirme ve çizimle ilgili bir çok genel amaçlı hazır paket programla birlikte yapay zeka teknikleri ve kaynağa özel hazırlanmış veri tabanlarını ortak bir platformda çalıştıran ana programa sahiptir. Sistem; veri girişinin, tasarımın kolaylıkla yapılabilirdiği ve sonuçların alınabildiği bir kullanıcı ara yüzüne sahiptir. Çalışmanın bu kısmında, sistem modeli ve mimarisi hazırlanmış olup, program bağlantılarıyla beraber kusursuz çalışmaktadır. Ancak özellikle veri tabanları olmak üzere sistem daha da zenginleştirilmeye ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca ilave modüllerle kapsamı daha da genişletilebilir. Sistem gelişen teknoloji ve değişen bilgilere göre güncelleştirmeye imkan veren esnek bir yapıya sahiptir.

## **2. KAYNAK BAĞLANTISI TASARIM SİSTEMİ**

Kaynak bağlantısı tasarım sistemi, kaynak bağlantılarının tasarımlarıyla ilgili bütün çalışmaların bilgisayar ve bilgi teknolojilerini kullanarak tamamen sanal ortamda gerçekleştirilmesini amaçlamaktadır. Bu bakımdan, kaynak bağlantıları ile ilgili bütün bilgi, standart tablo ve diyagramlar ile konuyla ilişkili malzeme özellikleri ve çalışma şartları bilgisayar ortamına uygun formata dönüştürüldü. Mevcut, tasarım, analiz ve hesaplama için kullanılan paket programlar ortak çalışabilecek hale getirildi. Daha da önemlisi, deneysel verilerden elde edilen ampirik ifadeler yeniden ele alındı ve yapay zeka teknolojileri kullanılarak tekrar değerlendirildi. Böylece, bilgisayar ortamında doğrudan kullanılmaya uygun ve daha doğru sonuçlar verebilen teknikler geliştirilmektedir. Ancak böylesine karmaşık ve bir çok farklı platformun bir arada çalıştırabilmesi uygun bir sistem mimarisine ve modeline ihtiyaç duymaktadır.

### **2.1 Sistem Modeli**

Geliştirilen bu kaynak tasarım sistemi, birçok farklı yazılım paketiyle birlikte uyumlu çalışmak zorundadır. Bu amaçla hazırlanan ana program şekil 1'de gösterilen modeli esas almaktadır. Şekilde görüldüğü gibi model; analiz ve hesaplama, şekillendirme ve çizim, yapay zeka teknolojileri ve optimizasyon gibi tasarımla doğrudan ilgili fonksiyonel bloklar ile kaynak bağlantılarının tasarımıyla ilgili bilgi ve birikimlerin bulunduğu teknik bilgi ve öneriler bloğu ve tasarımcıların sisteme girişini sağlayan kullanıcı ara yüzeyi bloğundan ibarettir.

**Analiz ve hesaplama;** bu blok tasarımcının kaynak bağlantısının gerilme analizini yapmasına ve maksimum gerilmeyi bularak kaynak dikişi emniyet gerilmesiyle karşılaştırarak dikişin zorlanmaya karşı emniyeti hakkında hüküm vermesinde yardımcı olur. Tasarımcı ister sonlu eleman yöntemini esas alarak isterse analitik çözüm yöntemini tercih ederek hesap yapar ve maksimum gerilmeyi bulabilir. Bununla birlikte kaynak parametrelerini ve çalışma şartlarını sisteme girdiğinde kaynak emniyet gerilmesi otomatik olarak bulunabilir. Sonuçta, gerçekleşen maksimum gerilme değeri ile kaynak emniyet gerilmesi karşılaştırılarak, kaynak bağlantısının emniyetli olup olmadığı kontrol edilmekte ve sonuç kısaca yorumlanmaktadır.



Şekil 1. Kaynak bağlantısı tasarım sistemi modeli

**Şekillendirme ve çizim;** analiz ve hesaplama işlemi tamamlandıktan sonra, kaynak bağlantısının imalat resmi çizilmek üzere bu blok kullanılmaktadır. Bu blok kaynak bağlantılarının imalat resminin çizimine uygun, AutoCAD, SolidWorks, Mechanical Desktop vb. profesyonel çizim ve tasarım yazılımlarını içermekte olup bu yazılımlar ana yazılımla uyumlu bir şekilde herhangi bir kesinti olmaksızın düzgün bir akışı takip ederek, tasarımın şekillendirme ve çizim işlemini gerçekleştirmesinde yardımcı olmaktadır.

**Yapay Zeka Teknolojileri ve Optimizasyon;** bilindiği gibi kaynak bağlantılarının tasarımında bir çok ampirik ifade kullanılmakta olup, esasında bu ifadelerin çoğu da kaba bir yaklaşımdan ibarettir. Kaynak dikişi geometrisini ve özelliklerini ve dolayısıyla kaynak bağlantısının gerilmesini etkileyen bir çok kaynak parametresi vardır. Özellikle otomatik(robotik) kaynak yönteminde bu parametreler ile kaynak dikiş geometrisi ve özellikleri arasındaki ilişkinin tasarım aşamasında bilinmesi optimum tasarım için çok büyük önem arz etmektedir. Ayrıca, söz konusu ampirik ifadelerin yeniden değerlendirilmesi ve tecrübeye dayanan uzmanlık bilgilerinin ve birikimlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Diğer mühendislik alanlarında yaygın olarak kullanılan yapay sinir ağları, genetik algoritmalar, bulanık mantık ve uzman sistemler gibi yapay zeka ve bilgi teknolojilerinden yararlanılarak bu gereksinimler sanal ortamda çok daha kolay karşılanabilir ve daha doğru sonuçlar elde edilebilir. Sistem modelinin bu bloğu söz konusu ihtiyaçları karşılamakta ve kaynak bağlantısının tasarımı için geliştirilen sisteme özellikle optimum tasarım açısından önemli katkı sağlamaktadır.

**Teknik Bilgi ve Öneriler;** bu, blok sistemin bir yardım menüsü gibi algılanmasıyla birlikte, daha ziyade kaynak bağlantıları hakkında bilgi ve önerileri içermektedir. Özellikle kaynak dikiş tiplerinin seçimi ve şekillendirilmesi, dikişin mekanik özelliklerini doğrudan etkilemektedir. Diğer taraftan bu şekillendirme kuralları herhangi bir matematiksel ifadeden ziyade kişisel tecrübe ve birikime dayanmaktadır. Bu blok, tasarımla ilgili temel bilgilerle birlikte bu tür tecrübe ve birikimleri içermektedir. Böylece, bilgi transferinin çok kolay olduğu sistematik bir ortam oluşmaktadır. Diğer taraftan bu bilgi ve birikimlerin güncelleştirilmesinde çok hızlı ve kolay

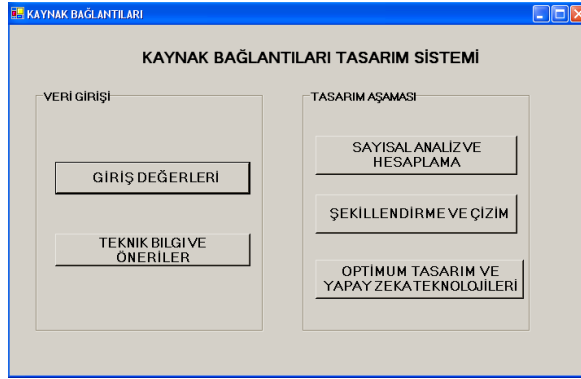
olabilmektedir. Bu blok, konuyla ilgili her seviyeden kimsenin bilgi ve tecrübelerini paylaştıkları ve bu bilginin sistemin diğer bloklarında da kullanılabilirdiği bir platformdur.

**Kullanıcı Ara Yüzeyi;** bu blok ise, sistemi kullanarak çalışma yapmak isteyen tasarımcıların giriş kapısı niteliğindedir. Daha önce söz edilen fonksiyonel bloklara buradan ulaşılmaktadır. Yapılacak olan tasarımla ilgili, parça kalınlıkları, malzeme cinsi, kaynak kalitesi ve çalışma şartları gibi giriş değerleri bu blok vasıtasıyla sisteme girilmektedir.

### 3. YAZILIM VE UYGULAMA

Geliştirilen sistem modeli, C#.NET yazılımı kullanarak uygulamaya geçildi. Hazırlanan yazılım masa üstü olarak geliştirilmiştir. Ancak sistem web tabanlı kullanıma da uyumludur. İlave bir adaptasyon çalışmasıyla web tabanlı hale kolaylıkla dönüştürülebilir. Kullanılan yazılım programı (C#.NET) mevcut diğer yazılım ve donanımlarla uyumlu çalışabilecek niteliktedir. Programın bu özelliği, çok platformlu olarak düşünülen sistemimiz için büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, program ileride yapılması muhtemel güncelleştirmelere ve genişletmelere imkan verecek esnek bir yapıya sahiptir.

Kaynak Bağlantıları Tasarım Sisteminde (KBTS), konular ve işlemler sistematik olarak sınıflandırıldı. Hazırlanan yazılım, bu sınıflandırmayı göz önüne alarak ana menü ve alt menülerden oluşan pencereler halinde düzenlenmiştir. Böyle bir düzenleme, kaynak bağlantılarının tasarımını bir biri ardınca dizilmiş bütünleşik işlemler halinde gerçekleştirmektedir. Bu da, kullanıcı için oldukça büyük bir kolaylık sağlamaktadır. Hazırlanan yazılımın ana sayfası şekil 2'de görülmektedir.

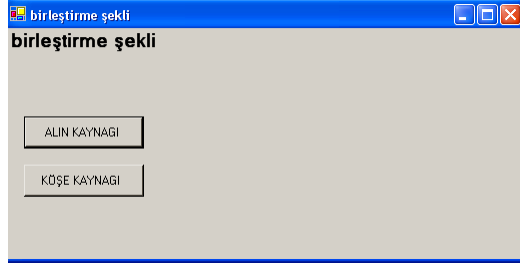


Şekil 2. Kaynak Bağlantıları Tasarım Sistemi(Ana Menü)

Şekil 2'den görüldüğü gibi ana menü, veri girişi ile tasarım aşamasında gerçekleştirilmesi gerekli işlemlerin alt menüler şeklinde düzenlenmiş butonlardan (düğmelerden) ibarettir. Sistemi kullanmak isteyen ilk olarak bu sayfa ile karşılaşacaktır. Bu sayfada, tasarım aşamasına geçilebilmesi için, önce veri girişinin yapılması gerekmektedir. Basılan her buton (düğme) ilgili bir işlemi içeren yeni bir pencere açmaktadır.

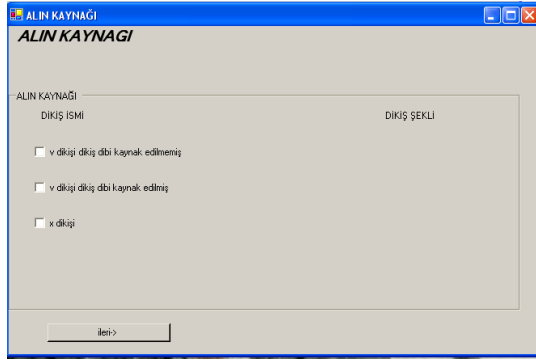
#### 3.1 Giriş Değerleri

Bu alt menü (buton); birleştirme şekli, parça kalınlıkları, parça malzemesi, kaynak kalitesi ve çalışma şartları gibi alt menülere sahiptir. Başka bir söyleyişle, bu butona tıklandığında açılan pencerede bu alt menülere karşılık gelen butonlar vardır. Birleştirme şekli butonuna tıklandığında, önce alın kaynağı ve köşe kaynağı seçimi karşımıza gelir(şekil 3). Örneğin alın kaynağını seçtiğimizde şekil 4'de görülen pencere karşımıza gelmektedir.

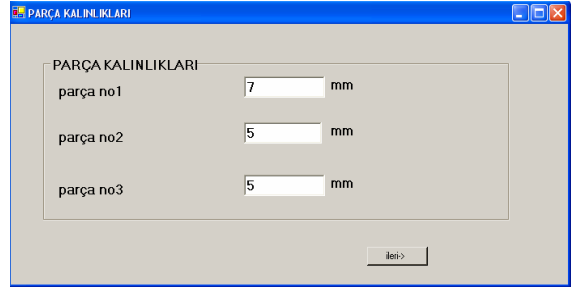


Şekil 3. Birleştirme şekli

Şekil 4’de görülen pencerede, alın kaynağı için istenilen dikiş tipi kolaylıkla seçilebilir. Eğer parça kalınlığı önce girilirse, dikiş tipide kalınlığa bağlı olarak otomatik seçilebilir. Aynı şekilde parça kalınlığının girilebilmesi için açılan pencerede şekil 5’de görülmektedir.

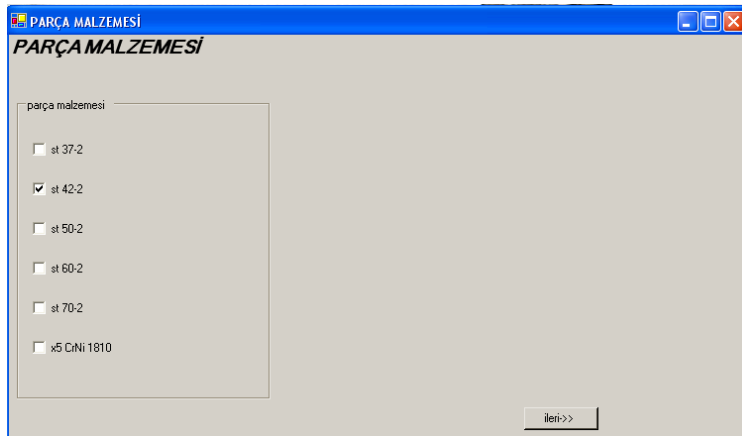


Şekil 4. Alın kaynağı dikiş tipleri



Şekil 5. Kaynak edilen parça kalınlıkları.

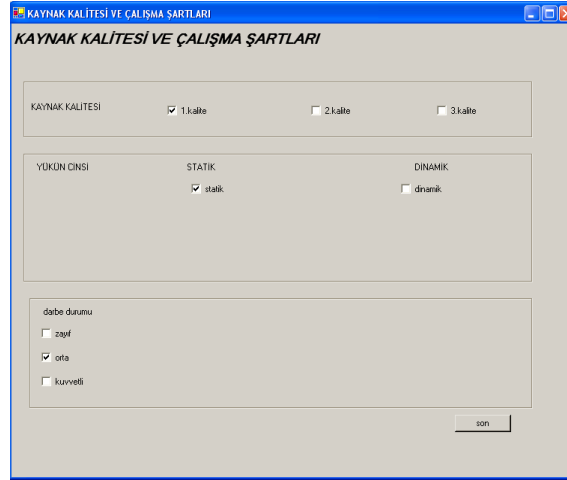
Hesaplarda gerek kaynaktan edilen parçalar ve gerekse ilave metal için söz konusu malzemenin teknik özellikleri ve özellikle mekanik özellikleri gerekli olmaktadır. Şekil 6’de gösterilen parça malzemesi penceresinden herhangi bir malzeme seçildiğinde, o malzemenin kaynak hesaplarında gerekli özellikleri doğrudan hesap modülünde aktif hale gelmektedir. Malzeme değiştirildiğinde, yeni malzeme özellikleriyle hesaplarda otomatik olarak güncellenmektedir.



Şekil 6. Birleştirilen parça malzemesi

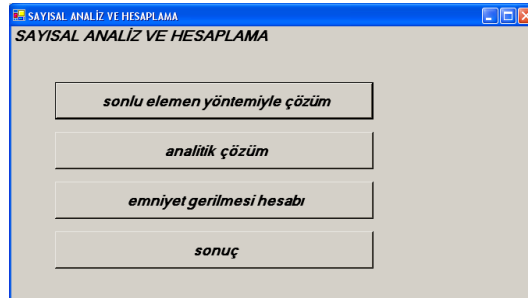
Kaynak dikiş emniyet gerilmesinin hesaplanmasında kullanılan en önemli parametreler içinde kaynak kalitesi ve çalışma şartları yer almaktadır. Dolayısıyla ana menüde, giriş değerleri

için hazırlanmış butonlardan biride kaynak kalitesi ve çalışma şartları içindir. Bu butona tıkladığında şekil 7'de görülen pencere açılmaktadır.



Şekil 7. Kaynak kalitesi ve çalışma şartları

Bu pencereyi kullanarak tasarımcı kaynak kalitesini, yük tipini ve darbe durumunu doğrudan seçebilir. Seçilen faktörlere karşılık gelen sayısal değerler ise kaynak emniyet gerilmesi hesabına otomatik olarak atanır ve hesaba dahil edilir ve sonuçta bağlantının ortaya çıkan zorlanmaya göre emniyetli olup olmadığı kontrol edilebilir. Şekil 2'de görüldüğü gibi ana pencerenin sağ kısmı tasarım işlemini gerçekleştiren fonksiyonel butonlara ayrılmıştır. Tasarım aşamasında yapılan başlıca işlemler konularına göre sınıflandırılmış ve her biri için ayrı bir ortam geliştirilerek alt menülere karşılık gelen butonlarla gösterilmiştir. Bunlar; sayısal analiz ve hesaplama, şekillendirme ve çizim ile yapay zeka teknolojileri ve optimum tasarım şeklinde düzenlenmiştir. Sayısal analiz ve hesaplama butonuna basıldığında şekil 8'de görülen pencere açılmaktadır.



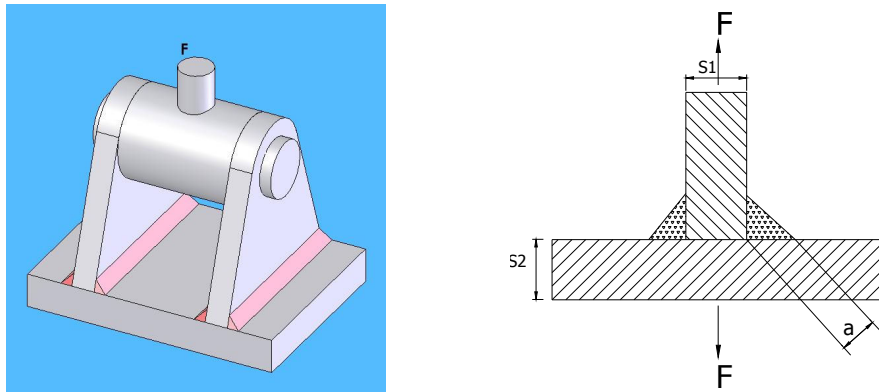
Şekil 8. Sayısal analiz ve hesaplama

Bu alt menü esas olarak kaynak bağlantısındaki maksimum gerilme ile kaynak dikişi emniyet gerilmesini hesaplamak üzere geliştirilmiş olmakla birlikte ayrıca bu iki değer karşılaştırılmasını da yaparak dikişin emniyetli olup olmadığını kontrol etmektedir. Tasarımcı bu modülle kaynak bağlantısındaki maksimum gerilmeyi, sonlu eleman yöntemini yada analitik çözüm kullanarak bulabilmektedir.

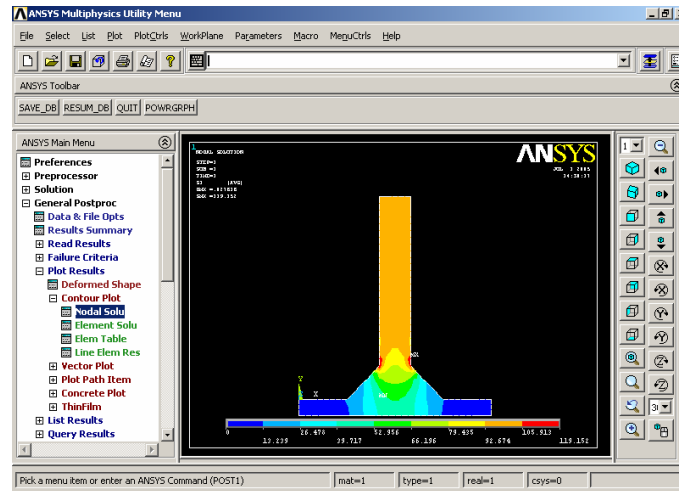
Sonlu eleman yöntemiyle çözüm butonuna basıldığında, ana programa ilave edilen Sonlu Eleman Programı (burada ANSYS) açılmakta ve kaynak bağlantısı modellenerek çözüm yapılabilmektedir. Ansys CAD ortamında hazırlanmış olan modelleri doğrudan kendi ortamına alabilme yeteneğine sahiptir. Dolayısıyla Ansys'in bu özelliği kullanılarak modelleme işlemi daha da kolaylaştırılabilir. Şekil 9.a'da köşe kaynağı şekli, şekil 9.b' de ise sonlu eleman çözümü örnek olarak verilmiştir.

Analitik çözüm yöntemleri menüsü, veri girişinde seçilen birleştirme şekline (Şekil 3) göre değişir. Seçilen kaynak bağlantı şekli ve zorlayıcı etkiye göre farklı pencereler açılacaktır. Şekil 9'da zorlayıcı etki olarak kuvvetin değeri ve parça genişliği girildiğinde sistem gerilmeyi otomatik olarak hesaplamaktadır. Sayısal Analiz ve Hesaplama Modülünde, emniyet gerilmesi de hesaplanmakta ve ortaya çıkan (hesaplanan) gerilme ile karşılaştırılarak sonuç yorumlanmaktadır.

Tasarım modülünün çok önemli alt modüllerinden biride; Optimum Tasarım ve Yapay Zeka Teknolojileri modülüdür. Bu modül , yapay sinir ağları , genetik algoritmalar , bulanık mantık ve uzman sistemler (bilgi tabanlı sistemler) gibi yapay zeka yöntemleri kullanılarak optimum kaynak tasarımının gerçekleştirilmesinde yardımcı olmaktadır. Ana sayfada bu modüllerle ilgili buton tıkladığında Matlab hesaplama paketi çalışmakta ve konuyla ilgili yapay zeka yazılımı kolaylıkla kullanılabilir. Kaynakla ilgili bütün uzmanlık birikimleri, bu modüle aktarılabilir ve daha sonra sistemle etkileşimli olarak kullanılabilir. Bu kısımda, deneysel sonuçlar ve ampirik ifadeler yapay zeka teknolojisiyle yeniden değerlendirilerek yeni tasarımlar için sanal ortamda kullanılabilecek tarzda düzenlendi. Özellikle kaynak bağlantılarının tasarımı gibi ampirik ifadelerin ve deneysel verilerin çok yoğun kullanıldığı durumlarda Yapay Sinir Ağları(YSA) tasarımcılara önemli imkanlar sağlamaktadır. Özellikle giriş ve çıkış değerleri arasında lineer matematiksel bir ifadenin kurulamadığı karmaşık proseslerde YSA giriş ve çıkış arasındaki ilişkiyi çok yakın bir doğrulukla tahmin ederek optimum tasarım için yardımcı olmaktadır. Geniş bir kullanım alanı olmakla birlikte burada sadece robotik ark kaynağının kontrolünü amaçlayan bir örnek üzerinde YSA'nın uygulanması tanıtılmaktadır.



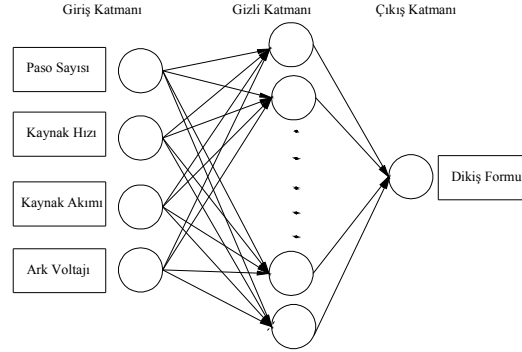
Şekil 9.a Köşe kaynağı örneği



Şekil 9.b. Sonlu eleman yöntemiyle çözüm

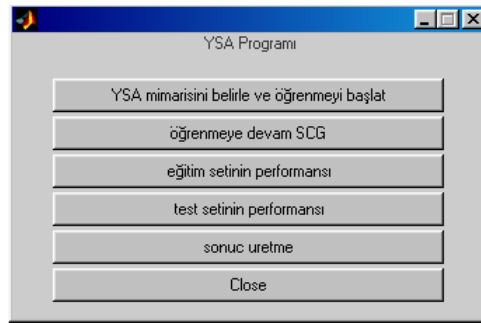


Bilindiği gibi kaynak sonucu oluşan dikiş geometrisi (formu), dikişin mekanik özelliklerini oldukça etkilemektedir. Dikiş geometrisi ise, paso sayısı, kaynak hızı, kaynak akımı voltajı gibi kaynak parametrelerine bağlı olarak değişmektedir. Ancak bu parametreler birbirleriyle etkileşimli olmakla birlikte aralarındaki ilişki oldukça karmaşıktır. Bu ilişkilerin doğrudan matematiksel bir fonksiyonla ifade edilmesi çok zordur. Bu parametreler ve dikiş geometrisi arasındaki ilişkinin bulunabilmesi ve böylece optimum dikiş geometrisinin elde edilebilmesi için çok katmanlı bir sinir ağı geliştirildi. Bu ağın mimarisi şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10. Yapay sinir ağı mimarisi

DeneySEL olarak elde edilmiş değerlerin bir kısmı sistemin öğretilmesi için, bir kısmı da sistem tarafından tahmin edilen değerlerin doğruluk derecesini test etmek için kullanılmaktadır. Böylece doğruluğu test edilmiş ve onaylanmış bir sistem arzu edilen optimum dikiş geometrisi için gerekli kaynak parametreleri seçilebilir. Tasarımcı ana sayfadan Optimum Tasarım ve Yapay Zeka Teknolojileri alt menüsüne girdiğinde kolaylıkla Matlab tabanlı olarak çalışan YSA programına ulaşabilir ve kendi giriş değerlerine göre YSA mimarisini oluşturarak çözümünü gerçekleştirebilir. Eğitim ve test setinin performansı ile çözüm sonuçlarını elde edebilir. Şekil 11'de YSA programının ana penceresi gösterilmiştir.



Şekil 11. Yapay sinir ağı programı ana penceresi

#### 4. Sonuçlar

Çalışma, kaynak bağlantılarının tasarımında kullanılan yöntemleri, tablo ve diyagramlar ile genel olarak kullanılan yazılım paketlerinin hepsini bir sistem halinde sanal ortamda bir araya getirmeyi amaçlamaktadır. Böylece ileri bilgisayar ve bilgi teknolojilerini kullanarak bütün bu bileşenlerin etkileşimli çalışmasını sağlayacak bir ortam hazırlanmaktadır. Geliştirilen sistemin kullanılmasıyla aşağıdaki sonuçların elde edileceği beklenmektedir;

- ❖ Bütün dokümanlar dijital olarak ifade edileceğinden ve hesaplarda doğrudan kullanılabilceğinden tasarım için harcanan zaman çok daha kısa olacaktır.

- ❖ Kullanılan teknikler ve yöntemler daha güncel olduğundan daha doğru sonuçlar elde edilebilecektir.
- ❖ Elde edilen dosyalar dijital formatta olduğundan CAD - CAM ortamlarına aktarılabilir.
- ❖ Masa üstü olarak hazırlanan bu program, web tabanlı hale çok kolay bir şekilde dönüştürülmeye uygundur. Böylece mekandan bağımsız olarak her yerde kullanılabilir.
- ❖ Tasarımcının bilgi ve birikim eksikliğinden kaynaklanan hatalar oldukça azalacaktır.
- ❖ Sistem oldukça esnek bir yapıya sahip olup, yeni gelişmelere bağlı olarak çok kolay güncelleştirilebilir.

## Teşekkür

Katkılarından dolayı Yrd.Doç. Dr. Naci çağlar'a ve Bilgisayar Mühendisi İsa Ayraç'a çok teşekkür ederiz.

## 5. KAYNAKÇA

- [1] ANIK S., ANIK E.S. ve VURAL M., "1000 Soruda Kaynak Teknolojisi El Kitabı", Birsen Yayınevi, 2000.
- [2] KAMIŃSKI M.M., "Computational tool for Reliability Analysis of Welded Metal Structures (RWMS)", Simulation Based Design Center (SBDC), Houston Advanced Research Center, Woodlands, TX: Software and hardware operation, preparation of research projects for marine industry, composite materials applications as well as welded engineering structures. <http://www.harc.edu/>
- [3] MAROPOULOS P.G., YAO Z., Bradley H. D., PARAMOR K.Y.G., "An intelligent design and planning environment for welding Part 1: Product modeling", *J. of Material Processing Technology*, s. 3 – 8, 2000.
- [4] MAROPOULOS P.G., YAO Z., BRADLEY H.D., PARAMOR K.Y.G., "An intelligent design and planning environment for welding Part 1: Process planning", *J. of Material Processing Technology*, s. 9 – 14, 2000.
- [5] L-SOON KİM I., SON J. S., SANG-HEON LEE SANG-H., YARLAGADDA P.K.D.V., "Optimal design of networks for control in robotic arc welding", *Robotic and Computer – Integrated Manufacturing*, s. 57 – 63, 2004.
- [6] CANYURT O. E., "Estimation of welded join strength using genetic algorithm approach", *International Journal of Mechanical Sciences*, s. 1249 – 1261, 47, 2005.