

# Yumuşak Hesaplama ve Klasik Hesaplamanın Elektriksel Sürücü Sistemleri İçin Birleştirilmesi

Mehmet KARAKÖSE

Erhan AKIN

Fırat Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği, 23119 Elazığ

mkarakose@firat.edu.tr

eakin@firat.edu.tr

*Anahtar Sözcükler: Yumuşak hesaplama, Klasik hesaplama, Sürücü sistemleri*

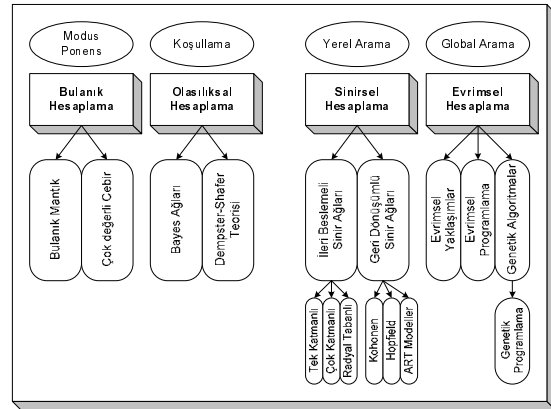
## ABSTRACT

Soft computing is a new discipline that combines emerging problem-solving technologies such as fuzzy logic, probabilistic reasoning, neural networks, and genetic algorithms. The development of soft computing methods has attracted research interest in the past decade. They are applied to important fields such as control, decision making and system modeling. Hard (conventional) computing assumes a precise model of the problem to be solved and the solution approach consists of the components of symbolic logic reasoning and traditional numerical modeling and search. Soft computing differs from hard computing in that, unlike hard computing, it is tolerant of imprecision, uncertainty and partial truth to achieve tractability, robustness and low solution cost. These characteristics are especially important in real-time applications. In this paper, we present the fusion of soft computing and hard computing in electrical drive system applications.

## 1. GİRİŞ

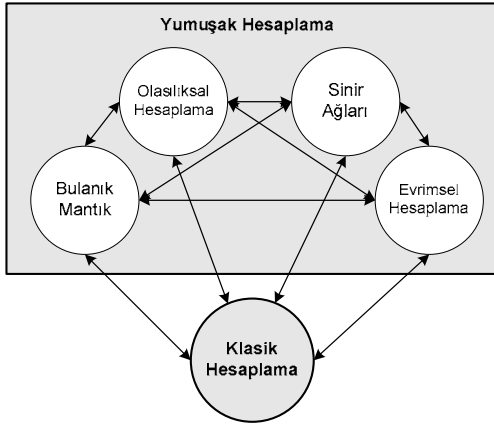
Geçen onlarca yıl boyunca birçok gerçek dünya probleminde çok geniş bir alanda geleneksel hesaplama yöntemlerinin gerçekleştirildiğini ve başarılı olarak uygulandığını biliyoruz. Geleneksel hesaplama yaklaşımları fiziksel modellerden türetilen analitik metotlara dayanmaktadır ve günümüzde hala geniş olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte zamanla değişen, doğrusal olmayan çok değişkenli çok döngülü endüstriyel sistemler gibi modern karmaşık sistemlerde geleneksel hesaplama yöntemlerinin kullanılması oldukça zor hale gelmiştir. Modern endüstrinin gelişen ihtiyaçlarındaki bu zorluklar için yapay zeka ilişkili yöntemlerin kullanımı oldukça popüler hale gelmiştir. Böylece yapay zekadaki geleneksel uzman sistemler ile benzerlik gösteren yumuşak hesaplama teknikleri, insan beyni zekasını taklit etme teşebbüslerinden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Temel olarak yumuşak hesaplama, belirsizliklerin olduğu durumlarda sebep ve öğrenme yeteneğini insan aklına uygun

hesaplayarak ortaya çıkararak bir yaklaşım olarak göz önüne alınabilir. Bulanık mantığın öncüsü Dr. Lotfi A. Zadeh yumuşak hesaplamasının temel ilkesinin gerçeklik ile daha iyi anlayış, düşük çözüm maliyeti, sağlamlık, kontrol edilebilirlik ve belirsizlikler için tolerans geliştirmek olarak tanımlamıştır [1]. Geleneksel hesaplama metodları sadece kesinlik ile ilgilenirken yumuşak hesaplama ekonomik ve rekabetçi çözümler ile optimum veya belirli doğrulukta etkindir. Şekil 1 yumuşak hesaplama bileşenlerini göstermektedir.



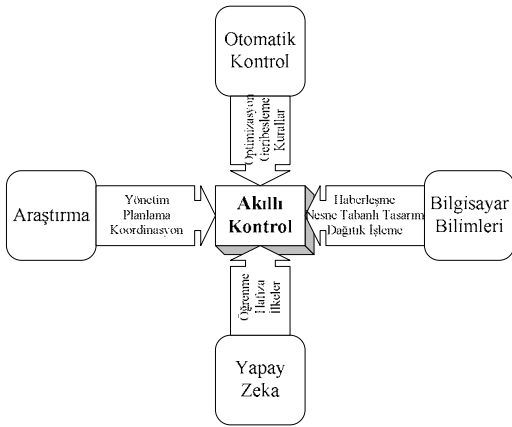
Şekil 1. Yumuşak hesaplama bileşenleri

Her bir yöntemin kendine has avantaj ve dezavantajı olmakla birlikte birçok uygulamada yumuşak hesaplama ve geleneksel hesaplama yöntemleri birlikte kullanılabilir. Bu yaklaşımla teknik ve ekonomik olarak rekabetçi sistemleri, ürünleri ve servisleri hedef almaktadır. Yumuşak hesaplama ve geleneksel hesaplamaların birleştirilmesinde farklı metodolojiler arasındaki fonksiyonlar bunların avantaj ve dezavantajlarına dayanılarak belirlenmelidir. Şekil 2 geleneksel hesaplama ile yumuşak hesaplamaların farklı bileşenleri arasındaki mümkün olabilecek bağlantıları göstermektedir. Yumuşak hesaplama ve geleneksel hesaplamaların farklı özelliklerinden dolayı bunların birleştirilmesi iyi bir şekilde çözülemeyen potansiyel problemlerdir.



Şekil 2. Yumuşak hesaplama ve klasik hesaplamaların birleştirilmesi

Akıllı kontrol sistemleri geniş bir tanım olarak otomatik kontrol sistemlerini gerçekleştirmek ve tasarlamak için yapay zeka ilişkili metodların kullanımı olarak tanımlanabilir. Akıllı kontrolün gelişiminin başlangıç aşamasında yapay zeka ve otomatik kontrol arasında sıkı bir bağ vardı. Özellikle araştırma çalışmaları ile bilgisayar bilimindeki ilerlemeler akıllı kontrole katılmıştır. Şekil 3 akıllı kontrol ile gerçek dünya arasındaki ilişkinin açıklayıcı bir diyagramını göstermektedir [2].



Şekil 3. Akıllı kontrolde kullanılan teknikler

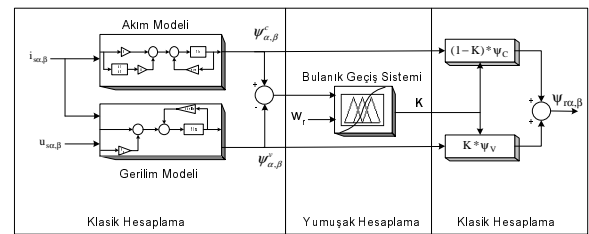
Bilindiği gibi elektriksel sürücü sistemler çoğu zaman doğrusal değildir ve belirsizlikler taşırlar. Bunların kesin bir matematiksel modellerini elde etmek oldukça zordur. Dolayısıyla bu sistemlerde özellikle uyarlama kabiliyetlerine ve otomatik tasarım tekniklerine ihtiyaç vardır. Bu durumda yumuşak hesaplama bileşenleri yeni çözümler sunmaktadır. Bu konuda son zamanlarda birçok çalışma yapılmıştır [3-11]. Ovaska [3-6] yumuşak hesaplama ve geleneksel hesaplamaların endüstrinin farklı yerlerinde kullanımlarını tartışan çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalarda her bir tekniğin farklı alanlarda kullanımını gösteren literatürdeki çalışmalar ile bunların getirdiği avantajlar ortaya konmuştur. Özellikle sürücü sistemlerde son zamanlarda yumuşak hesaplama temelli geliştirmeler

oldukça artmıştır [8-11]. Çünkü nonlineerliği yüksek bir sistem olan asenkron motorun kontrolündeki problemleri çözmek için yumuşak hesaplama teknikleri oldukça uygundur.

Bu çalışmada yumuşak hesaplama bileşenlerinin ve geleneksel hesaplama tekniklerinin elektriksel sürücü sistemlerinde birleştirilmesi için uygulamalar üzerinde durulacaktır.

## 2. SÜRÜCÜ SİSTEMLER İÇİN BİRLEŞTİRME UYGULAMALARI

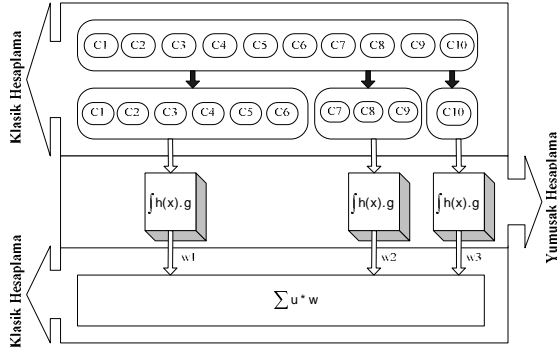
Endüstride elektrik makinalarının ve dolayısıyla kontrol sistemlerinin oldukça büyük yer tuttuğu bilinmektedir. Bu alanda en fazla kullanılan asenkron motorlar ve bu motorların vektör kontrol gerçekleştirmeleridir. Bütün hız aralığında çalışmak üzere tasarlanan sistemler hızla ilerlemektedir. Bu ilerlemelerin başında elektrik motorlarının duyargasız kontrolünün yapılması, maliyetin düşürülmesi ve sağlam bir kontrol mekanizmasının sağlanması ana hedeflerdir. Duyargasız vektör kontrolün gerçekleştirilmesi için temel yöntemlerden birisi akı tahminin yapılmasıdır ve bunun için de literatürde birçok algoritma önerilmiştir. Bu algoritmalar geleneksel hesaplama tabanlı olabildiği gibi son zamanlarda yumuşak hesaplama tabanlı olanlar da artmaktadır. Şekil 4'te geleneksel hesaplama yöntemleri ile yumuşak hesaplamaların bir bileşeni olan bulanık mantığın kullanılarak oluşturulduğu bir akı tahmin algoritması görülmektedir. Geleneksel hesaplamam tabanlı akım ve gerilim modeli ile bu iki model arasında denetleyici olarak bulanık mantık tabanlı bir sistem kullanılmıştır. Burada gerilim modeli veya akım modeli yalnız kullanıldığında vektör kontrol algoritması gerçekleştirilebilmesine rağmen akıllı bir denetleyici sistemi kullanılarak olumsuz sistem koşulları altında sistemin daha geniş bir çalışma alanına sahip olmasını sağlamıştır. Bu yapının oluşturulması ile sürücü sistem düşük hızlarda çalışabilme ve basit bir uyarlama kabiliyetine sahip olmaktadır.



Şekil 4. Birleşik akı tahmini için fonksiyonel blok diyagramı

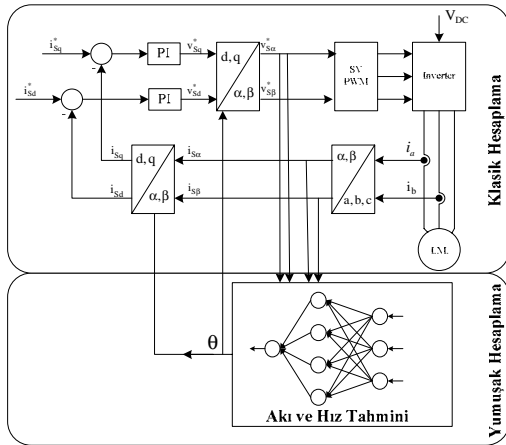
Karar verme sistemlerinin mühendislik problemleri ve endüstriyel uygulamalarda çokça kullanıldığı bilinmektedir [12]. Karmaşık karar verme süreçleri artınca bulanık mantığın önemli uygulama

alanlarından biri de karar verme sistemleri olmuştur. Yumuşak hesaplama ve geleneksel hesaplama tekniklerinin birleşmesiyle karar verme mekanizmalarının verimliliği ve sağlamlığı artmıştır. Şekil 5 ürün işleme için bulanık mantık tabanlı çok kriterli karar verme sistemini göstermektedir [13]. Burada ürün grupları arasında ürünlerin niteliklerine göre karar veren aşamadaki integral blokları bulanık integral ile gerçekleştirilirken diğer aşamalar geleneksel hesaplama yöntemleri ile kolayca hesaplanabilmektedir.



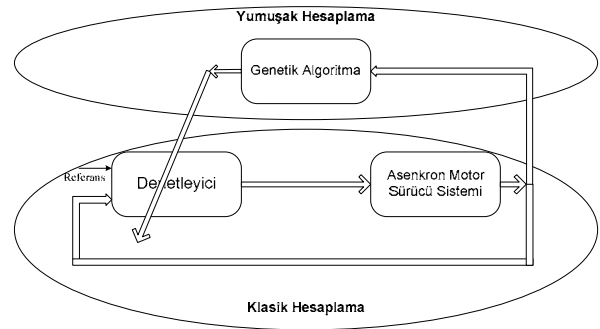
Şekil 5. Çok kriterli bulanık mantık tabanlı karar verme sistemi

Duyargasız vektör kontrolün gerçekleştirilmesinde yumuşak hesaplama ile geleneksel hesaplamaların birleştirilmesinin avantajlarından birisi de hız tahmininde ortaya çıkmaktadır. Şekil 6 ile verilen blok diyagramı bir asenkron motorun duyargasız vektör kontrolünü göstermektedir. Şekilden görüldüğü gibi akım ve gerilim bilgileri kullanılarak akı tahmininden sonra yapay sinir ağları ile hız tahmini yapılmaktadır. Yumuşak hesaplama bileşenlerinden biri olan yapay sinir ağları bu uygulamada geleneksel hesaplama teknikleri kullanılarak elde edilen akı bilgilerini giriş olarak çıkışta motorun hızını hesaplamakta ve vektör kontrol döngüsünü tamamlamaktadır.



Şekil 6. Asenkron motorda akı ve hız tahmini ile duyargasız vektör kontrolün gerçekleştirilmesi

Yumuşak hesaplama ve geleneksel hesaplama kontrol yapılarının başka bir uygulaması da daha çok doğrusal olmayan sistemlerde geleneksel denetleyicilerin parametre ayarlaması ve tahmininde başarılı olarak kullanılan genetik algoritmalarlardır. Şekil 7'ten görüldüğü gibi ileri veya geri beslemeli bir denetleyici daha iyi cevap ve sağlam performans için genetik algoritma tarafından eğitilebilir. Şekil 7 bir asenkron motor sürücü sisteminde hız veya konum kontrolü yapmak üzere kullanılan denetleyicinin genetik algoritma tarafından ayarlanmasını gösteren bir kontrol yapısını göstermektedir. Burada kullanılacak PI veya bulanık mantık temelli denetleyicilerin parametreleri genetik algoritma tabanlı optimizasyon tekniği ile ayarlanabilir.



Şekil 7. Genetik algoritma tabanlı kontrol algoritması

Yumuşak hesaplama teknikleri bulanık mantık, yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar ile sınırlı değildir. Aynı zamanda bunlar arasındaki birleşik yöntemlerde birçok uygulamada kullanılabilir. Özellikle bulanık mantık sistemlerini modelleyen sinir ağları, yapay sinir ağlarının parametrelerinin genetik algoritmalarla optimizasyonu veya bu üç algoritmanın birlikte kullanıldığı birleşik uygulamalar algoritmaya sağlamlık katacaktır. Farklı öğrenme algoritmaları, olasılık yöntemleri ve çıkarım sistemlerinin eklenerek daha karmaşık yapılar elde edilebilse de özellikle elektriksel sürücülerde bunların gerçekleştirilmesi zaman bakımından sorun oluşturabilmektedir. Ancak yumuşak hesaplama bileşenleri tek başlarına sürücü sistemler için kabul edilir oranlarda sağlam sonuçlar elde etmek için yeterli gelmektedir.

Sağlamlık, tasarım maliyeti, kolay kontrol edilebilirlik, akıllı sistem başarımı gibi geliştirmelerin yumuşak hesaplama ile geleneksel hesaplamaların birleştirilmesiyle başarılı olarak elde edilebildiği bu çalışmada gösterilen uygulamalardan ve literatürdeki birçok çalışmadan görülebilmektedir. Gerçek dünya uygulamalarında hesaplama zamanının düşürülmesi veya toplam ürün maliyetinin azaltılması daima önemli olmuştur. Bu amaçla yumuşak hesaplama ve geleneksel hesaplama tekniklerinin birleştirilmesi son derece uygun olmaktadır. Özellikle endüstride elektriksel sürücü sistemlerinin yeri ve kontrollerinin

önemi göz önüne alındığında bu alanda daha verimli sonuçların elde edilmesi için tekniklerin geliştirilmesi temel önceliktir.

Geleneksel hesaplama tekniklerindeki lineer denetleyicilerin doğrusal olmayan bir sistemin sadece bir çalışma noktasında optimal olma kısıtlamasını, optimizasyon algoritmalarındaki yerel minimum problemini ve çok girişli-çok çıkışlı sistemlerin kontrol zorluklarının bulanık mantık, yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar gibi yumuşak hesaplama teknikleri ile çözümlenmesi yanı sıra, yumuşak hesaplama tekniklerindeki bulanık mantık veya sinir ağı tabanlı denetleyicilerin kararlılıklarının kestirilememesi, zaman tüketiminin fazla olabilmesi ve fiziksel modellerin bilgilerini kullanma zorluklarını da geleneksel hesaplama tekniklerini kullanarak çözümlenebileceği düşünüldüğünde bu iki teknik birbirinin tamamlayan algoritmalar olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Bu tekniklerin birleştirilmesi aynı zamanda akıllı sistemler geliştirmeyi hedeflemektedir.

Yumuşak hesaplama tekniklerinin pratik olarak gerçekleştirilmesinin geleneksel hesaplama tekniklerine göre oldukça fazla hesaplama zamanı gerektirdiği bir gerçektir. Ancak günümüzün gelişen teknolojiyle tasarlanan çok hızlı sayısal işaret işlemcilerin varlığı ve bunların gün geçtikçe daha hızlanması bu problemi ortadan kaldırmaktadır. 20 kurallı bir bulanık mantık sistem, 10 sinir hücreli bir yapay sinir ağının ortalama bir sayısal işaret işlemci ile pratik olarak gerçekleştirilmesi yaklaşık 20 mikro saniye gibi çok küçük bir zaman almaktadır. Ayrıca bulanık mantık ve yapay sinir ağlarının daha verimli olarak gerçekleştirilmesi için özel olarak tasarlanmış bulanık mantık ve sinir ağı entegrasyonu mevcuttur. Böylece yumuşak hesaplama teknikleri ile geleneksel hesaplama teknikleri arasında yüksek performanslı olarak uygulanabilmekte ve çok iyi sonuçlar alınmaktadır.

### 3. SONUÇLAR

Bu çalışmada bulanık mantık, yapay sinir ağları, genetik algoritmalar ve olasılıksal hesaplama bileşenlerinden oluşan yumuşak hesaplama ile geleneksel hesaplama tekniklerinin birleştirilmesi üzerine elektriksel sürücü sistemleri için uygulamalar gösterilmiştir. Temel olarak yumuşak hesaplama ile geleneksel hesaplamanın birbirinin tamamlayıcı teknikler olduğu görülmüştür. Yüksek performanslı, sağlam ve düşük maliyetli ürün teknolojisinde her iki tekniğe de ihtiyaç duyulduğu açık olarak görülmektedir. Geleneksel hesaplama ve bilgisayarların yüksek doğruluklu ve hızlı hesaplama güçleri ile insan zekasının çalışmasını modelleyen yumuşak hesaplama teknikleri sayesinde dilsel ve sayısal bilgilerin birlikte kullanımıyla birçok avantaj sağlandığı bu konuda yapılan çalışmaların sayısının artmasıyla da pekiştirilen bir gerçektir.

### KAYNAKLAR

- [1] Zadeh L.A, Fuzzy Logic, Neural Networks and Soft Computing, Proc. Of the IEEE INT. WROKSHOP on NEURO-FUZZY CONTROL, p. 1, Japan, 1993.
- [2] Gao X., Soft Computing Methods for Control and Instrumentation, PHD DISSERTATION, HELSINKI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Espoo, 1999.
- [3] Ovaska S.J., Sztandera L.M., Soft Computing in Industrial Electronics, PHYSICA-VERLAG, 2002.
- [4] Dote Y, Ovaska J, Industrial Applications of Soft Computing, PROCEEDINGS of the IEEE, vol. 89, no. 9, pp. 1243-1265, September 2001.
- [5] Ovaska S.J., VanLandingham H.F., Kamiya A., Fusion of Soft Computing and Hard Computing in Industrial Applications:An Overview, IEEE TRANS. ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS-PART C:APPLICATIONS AND REVIEWS, Vol. 32, No. 2, pp. 72-79, 2002.
- [6] Ovaska SJ, Kamiya A, Classification of Fusion Topologies in Hybrid Soft Computing and Hard Computing Systems, IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEMS, MAN AND CYBERNETICS, Vol. 1, pp. 108-113, Oct. 5-8, 2003.
- [7] Jang J.S.R, Sun C.T and Mizutani E, Neuro-Fuzzy and Soft Computing: A Computational Approach to Learning and Machine Intelligence, PRENTICE-HALL, 1997.
- [8] Karaköse M, Akın E, A Fuzzy Tuned Integrator for Stator Flux Estimation of Vector Controlled Induction Motor, ACEMP'2004, İstanbul, Turkey, May 2004.
- [9] Cheok A.D.,Ertugrul N., Use of Fuzzy Logic for Modelling, Estimation and Prediction in switched Reluctance Motor Drives, IEEE TRANS. ON INDUSTRIAL ELECTRONICS, Vol 46, No 6, pp 1207-1224,1999.
- [10] Karaköse M, Akın E, A Fuzzy Based Smooth Transition Algorithm Between Flux Estimation Models For Low Speed Operation Of Sensorless Vector Controlled Induction Motor, FSSCIMIE 2002, İstanbul, Turkey, 2002.
- [11] Lin F, Chou W, An Induction Motor Servo Drive Using Sliding-Mode Controller with Genetic Algorithm, ELECTRIC POWER SYSTEM RESEARCH, ELSEVIER, vol. 64, pp. 93-108, 2003.
- [12] Sousa J.M.C., Kaymak U., Fuzzy Decision Making in Modeling and Control, WORLD SCIENTIFIC, 2002.
- [13] Chiou H., Tzeng G., "Fuzzy multiple-criteria decision-making approach for industrial green engineering", SPRINGER VERLAG, ENVIRONMENTAL MANAGEMENT, vol. 30, no. 6, pp. 816-830, 2002.