

## Basketbolda oyuncu seçimi için sinirsel-bulanık karar destek sistemi

Serkan BALLI\*, Bahadır KARASULU, Aybars UĞUR, Serdar KORUKOĞLU

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 35100, Bornova, İzmir

### Özet

*Karar Destek Sistemleri (KDS), bilgi sistemlerinin bir türü olup çok sayıda kritere sahip problemlerde etkin karar verme işlemini kolaylaştırmaktadır. Yapay Sinir Ağları (YSA), benzer özelliklerin sınıflandırılması yeteneğine sahiptir ve günümüzde KDS'de kriterler ve alternatifler arasındaki örüntünün belirlenmesinde kullanılmaktadır. Karar problemleri, belirsizlik içeren ve doğrusal olmayan kriterler içerebilir. Bu tür belirsizlik içeren durumlarda doğrusal olmayan özelliklerin modellenmesi için bulanık yaklaşımlar kullanılır. Günlük hayatta "basketbolda en uygun oyuncuların seçimi" gibi karmaşık problemler mevcuttur. Basketbol oyununda oyuncuların değerlendirilmesi çok sayıda kritere göre yapılır ve tüm kriterler, fiziksel uygunluk ve gözlem kriterleri olarak iki gruba ayrılmaktadır. Yapılan bu çalışmada, fiziksel ölçümlerle sayısal olarak değerlendirilebilen kriterlerin ve sayısal olarak ölçülemeyen, gözlem yoluyla belirlenen dilsel kriterlerin nasıl bir arada değerlendirilebileceği üzerine basketbolda oyuncu seçimi için bir model olarak Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık bileşimi ile melez bir eşzamanlı Sinirsel-Bulanık Karar Destek Sistemi (SBKDS) geliştirilmiştir. Geliştirilen model, yedi-on dört yaş grubu on iki adet aday içerisinde on beş farklı kritere göre basketbola uygun ve yetenekli oyuncuların seçilmesi için uygulanmıştır. Kriter ağırlıklarının kullanılması ile önemli kriterlerin öne çıkması ve sonucun daha hassas olması sağlanmıştır. Uygulama sonucunda elde edilen sıralama, daha önce uzman kişiden alınan sıralama ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda uzman kişinin verdiği sonuçlar ve geliştirilen modelin verdiği sonuçlar arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmüş ve geliştirilen yöntemin doğru ve tutarlı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.*

**Anahtar Kelimeler:** Sinirsel-bulanık sistemler, karar destek sistemi, yapay sinir ağı, bulanık mantık, çok kriterli karar verme.

\*Yazışmaların yapılacağı yazar: Serkan BALLI. serkan.balli@ege.edu.tr; Tel: (232) 343 34 00-5321.

Makale metni 01.08.2007 tarihinde dergiye ulaştı, 29.05.2008 tarihinde basım kararı alınmıştır. Makale ile ilgili tartışmalar 31.05.2009 tarihine kadar dergiye gönderilmelidir.

## Neuro-fuzzy decision support system for selecting players in basketball

### Extended abstract

Decision Support Systems (DSS) are a kind of information systems and support effective decision making for multi-criteria problems. Artificial Neural Networks (ANN) are capable of general pattern classifications and recently used in decision support systems for assessment of pattern between criteria and alternatives. An ANN consists of a number of very simple and highly interconnected neurons which are used for modeling decision problems. In statistical decision making methods, decision making is the evaluation of alternatives according to some certain criteria and then preference scores are computed for each alternative. According to these numerical results, an alternative best meeting all the criteria is chosen and decision making is performed. Unlike these criteria described quantitatively, there are some problems involving qualitative criteria including some ambiguities and only expressed as linguistic so that they can not be precisely described. Multi-criteria decision problems may contain non-linear and uncertain criteria. In that case, fuzzy approaches are used for modeling non-linear attributes and informations. Uncertain criteria can be explained with fuzzy sets and membership functions.

In daily life, there are a lot of complex problems which has vague and ambiguous information such as "selection appropriate players for basketball game". For this example, information may contain uncertain terms like "Player shots very well". In basketball game, there are a lot of criteria for selecting appropriate players and they can be divided into two groups: physical measurement criteria (vertical jump, height, weight etc.) and observation criteria (match observation, dripling, collective drills etc.).

In this study, the aim is to develop a model which allows choosing the most appropriate basketball players. To realize this aim, it is studied how to evaluate together the numerical measurements of physical criteria and criteria that is analyzed via observation which is digitally immeasurable. For solving this problem, a concurrent Neuro-Fuzzy Decision Support System (NFDSS) model is developed. The model has been applied for twelve players in age between seven and fourteen by obtaining player's physical appropriateness measurement and

observation criteria values. For all players, ten physical appropriateness criteria which are vertical jump, muscular power, action rapidity, reaction time (as to sound), height, weight, body mass index, body fat rate, endurance and anaerobic power have been measured in laboratory. Then values of observation criteria which are dripling, pass, shot, collective drills and observing match have been expressed by using linguistic values. For example, "Player shots very well". In this example, the linguistic variable "shot" indicates a fuzzy set. Then all criteria values have been inserted to NFDSS for evaluation. NFDSS is built by using Matlab M-files. The next purpose is to investigate the appropriateness of the developed model for the system. NFDSS contains five layers. First layer is input layer and transmits external crisp physical measurement values to the next layer. Layer 2 is the fuzzification layer. This layer receives a crisp input and determines the degree to which this input belongs to fuzzy set. Then they are sent to ANN component (Layer 3) that comprises two ANN: ANN1 and ANN2. ANN1 is used for physical measurement values and ANN2 is used for observation values. During this process, physical appropriateness criteria values and observation criteria values have been combined by using criteria weights. It has been ensured that using both significant criteria and the weights of criteria make results more sensitive. The Outputs of ANN1 and ANN2 are evaluated by Layer 4 which is called Fuzzy Inference System (FIS). In FIS, ANN1 and ANN2 values are joined by using rule-base. Rule-base has nine different rules. Some examples of rules:

Rule 1: IF ANN1 is low AND ANN2 is low THEN Performance is very low.

Rule 2: IF ANN1 is low AND ANN2 is medium THEN Performance is low.

In Layer 5, the system's output is a crisp number that represents player's performance value. After this joining process, player's final decision values were listed in descending order. This list has been compared with coach's list that was taken from the coach by using Spearman Rank Correlation Test. As a result of the comparisons, it has been seen that there is a strong relationship between developed the NFDSS result and coach's result. As the obtained results, it is seen that developed model is appropriate and consistent.

**Keywords:** Neuro-Fuzzy systems, decision support systems, artificial neural networks, fuzzy logic, multi-criteria decision making.

## **Giriş**

Günlük hayatta bir çok karar probleminin çözümü için tek bir kriter değil birden fazla kriter mevcut olabilir. Bu durumda karar verici, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniklerine ihtiyaç duymaktadır. İstatistiksel ÇKKV yöntemlerinde, bir alternatif “tüm kriterleri tatmin eder veya etmez” klasik mantığı ile karar verme gerçekleşir. Kahraman ve Buyukozkan (2007), karar vermeyi iki aşamalı olarak tanımlanmıştır. Birinci aşama, benzer niteliklere sahip yeni alternatiflerin tanımlanması, ikinci aşama ise en iyi olanın seçilmesidir. Bu aşamalar, sezgisel çok nitelikli fayda yöntemi ve hiyerarşik bulanık TOPSIS yönteminin bir araya getirilmesi ile oluşturulmuştur.

Günlük hayatta bazı özellikler vardır ki, sadece dilsel olarak ifade edilirler. Bunların belirli bir ölçüt ile değerlendirilmesi çok zordur ve belirsizlik oluştururlar. Bu belirsizliği ortadan kaldırmak için bulanık küme yaklaşımları kullanılır (Roubens, 1997; Li, 1999). Karar verici tarafından bu tipten üretilen alternatiflerin mevcut kriterlere göre subjektif değerlendirilmesinden sonra kriterlerin tümünü tatmin etme derecesine göre alternatifler sıralamaya konulur ve en yüksek değerlinin yani en uygununun bulunması ile optimal çözüm elde edilir (Eminov ve Ballı, 2004). Bulanık küme teorisinin kullanımı, eksik, belirsiz veya kısmen bilinen bilginin karar modeline dahil edilmesini sağlar (Lin vd, 2007). Bulanık sayılar, ikili karşılaştırmaya dayalı çok kriterli karar verme yöntemi olan Analitik Hiyerarşi Süreci’nde hesaplama ve uygun sisteminin modellenmesi için kullanılabilir (Durán ve Aguilo, 2007). Bulanık mantığın veri analizi konusunda diğer yöntemlere göre iki önemli avantajı vardır. Birincisi, karmaşık verinin analizi ve modellenmesinde meydana gelebilecek farklılıkları azaltmasıdır. İkincisi ise insan tecrübesi ile elde edilen nitel kuralların birleştirilmesi için uygun olmasıdır.

Karar vermede YSA, karmaşık sistemlerin modellerini tanımlamak, kriterler ve alternatifler arasındaki örüntünün belirlenmesinde ve benzer özelliklerin sınıflandırılması için kullanılır (Ayata vd, 2007; Chen vd,2004). YSA ve sezgi-

sel akıl yürütme (bulanık çıkarım) araçları bir araya getirilerek Sinirsel-Bulanık Sistem (SBS) şeklinde kullanılabilir (Lee ve Wong, 2007). SBS’de YSA bileşeni, bulanık çıkarım motoruna doğrudan bağlanarak kendinden önceki bileşenden aldığı girdi verilerine kriter ağırlıklarını uygular ve elde ettiği çıktıları bulanık çıkarım motoruna iletir (Funabashi vd, 1995). YSA kullanımı ile mevcut kriterlere göre çıkarımlar elde edilerek en uygun değerlerin bulunması ile optimal çözümün daha da iyileştirilmesi sağlanır.

Bu çalışmada, Bulanık Çok Kriterli Karar Verme yöntemini temel alan, YSA ve bulanık çıkarım bileşenleri birleştirilerek bir Sinirsel-Bulanık Karar Destek Sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen model, basketbolda oyuncu seçimine uygulanmış ve verdiği sonuçların anlamlılığının test edilmesi için uzman kişiden alınan sıralama ile kıyaslama yapılmıştır. Spearman sıra korelasyon testi ile elde edilen sonuçların anlamlı ve tutarlı olduğu tespit edilmiştir.

## **Bulanık çok kriterli karar verme**

ÇKKV, son 25 yılda özellikle bulanık kümeler ve ÇKKV metotları arasındaki ilişki ve bu ilişkinin geliştirilmesi ile büyük bir gelişme katetmiştir. Günümüzde ÇKKV problemlerinin çözümünde bulanık kümelerin de kullanılması ÇKKV’nin alanını genişletmiştir (Roubens, 1997). Böylece Bulanık Çok Kriterli Karar Verme (BÇKKV) ortaya çıkmıştır.

BÇKKV problemleri karar biliminde, sistem mühendisliğinde ve yönetim biliminde çok önemli bir araştırma alanıdır. Bu problemleri çözmenin yolu, karar vericiden gerekli bilgilerin (kriterler ve onların ağırlıkları vb. gibi) alınmasından geçmektedir. Karar vericiden alınacak bilgiler, belirli ya da belirsiz bilgiler olabilir. Kriterlerin kesin olarak tanımlı olmadığı durumlarda, alternatiflerin çok sayıda kritere göre bir arada değerlendirilmesi söz konusu değildir. Böyle durumlarda bulanık karar teorisi, karar vericinin tatmin olma derecesine göre bir üyelik fonksiyonu kullanarak mevcut tüm kriterler için en uygun olan alternatifini bulur (Li, 1999). Bu çözüm yoluyla çok kriterli karar verme, bulanık kümelerin kesişimi ve üyelik fonksiyonu değe-

rini maksimize eden alternatifi bulmaktan ibaret olduğu için daha kolaydır.

BÇKKV Modeli matematiksel olarak şu şekilde açıklanabilir:  $wC_j(a_i)$  değerleri  $a_i$  alternatifinin, sözel terimlerle tanımlanan  $C_j$  kriterlerine göre derecelendirmesini (üyelik fonksiyonu değerlerini) göstermektedir. Kriterlerin önemlilik dereceleri (ağırlıkları) ise  $W = \{w(C_1), \dots, w(C_n)\}$  ile gösterilir (Eldukair ve Ayyub, 1992).

Bulanık ÇKKV modellerinde izlenecek adımlar şunlardır (Zimmermann, 1996):

Adım-1: Probleme ilişkin kriter ve alternatiflerin belirlenmesi

Adım-2: Kriterlerin ağırlıklarının bulunması

Adım-3: Alternatiflerin tüm kriterlere olan üyelik değerlerinin bulunması

Adım-4: Her bir alternatifin tüm kriterlere göre değerlendirilmesi ve sonuç (nihai) önemlilik derecesinin belirlenmesi

Adım-5: Alternatiflerin önemlilik derecelerine göre sıralanması

Bulanık ÇKKV üzerine geliştirilmiş bir çok yöntem bulunmaktadır. Yager'in (1978) bulanık karar verme metodu ve Saaty'nin (1978) geliştirmiş olduğu AHS metodu, karar verme problemlerinin çözümüne yönelik geliştirilmiş olup bulanık küme tabanlı metotlar olarak bilinirler. Bu metotlara göre her bir kriter bir bulanık kü-

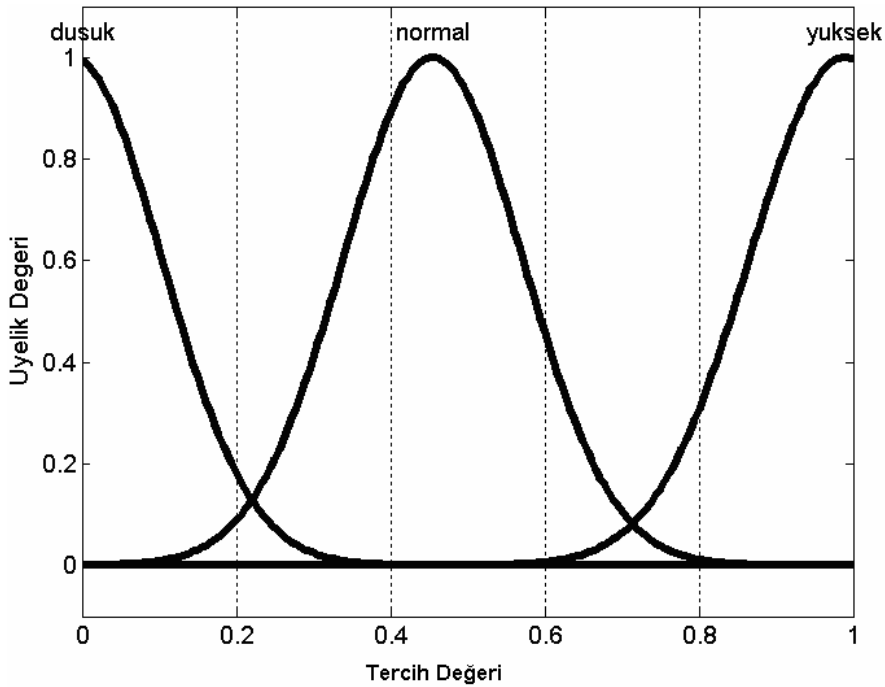
medir. Öyle ki bir karar problemi için alternatifler kümesi  $A$ 'daki her elemanı yani  $a_i$  elemanlarını,  $C$  kriterine göre  $[0,1]$  aralığında değişen bulanık  $C(a_i)$  değeri ile gösterebiliriz.

Her kriter ve her alternatif çifti için, karar verici kendi tercihine göre alternatifler arasında iyi, daha iyi, küçük, çok küçük vs. gibi dilsel tanımlayıcılar kullanabilir. Bu dilsel değerlerin matematiksel olarak gösterilmesi Şekil 1'deki gibi üyelik fonksiyonuna göre belirlenir (Radojevic ve Petrovic, 1997).

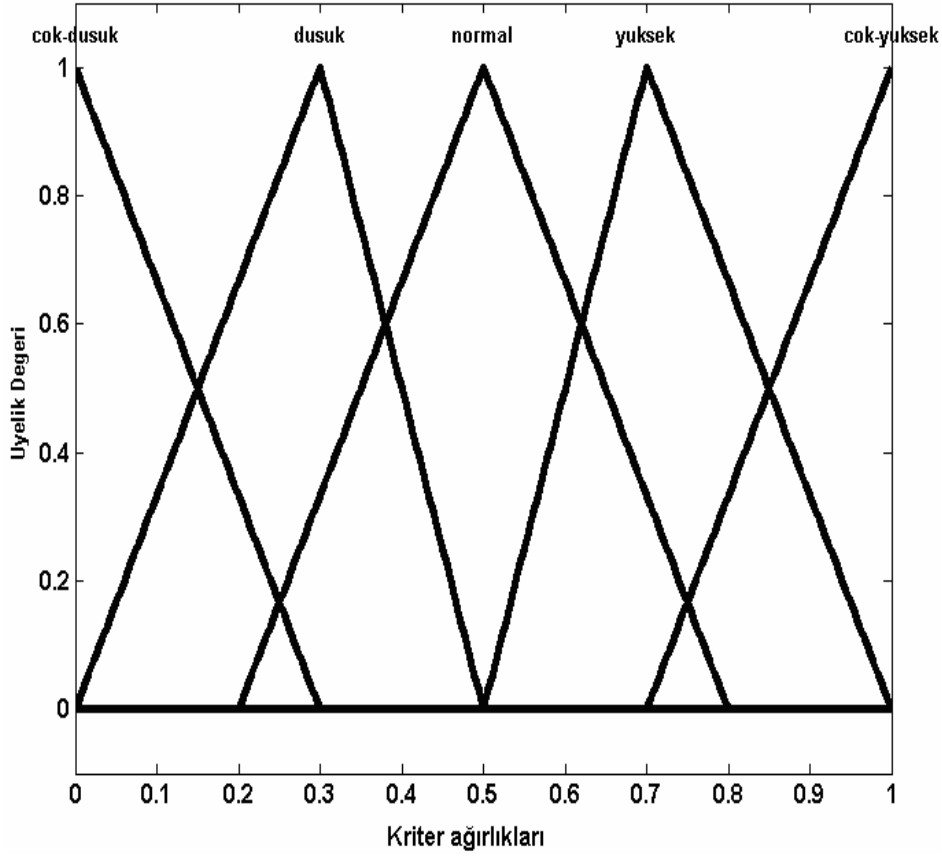
### Kriterlerin ağırlıklandırılması

Kriterlerin ağırlıklarının (önceliklerinin) belirlenmesi ÇKKV problemlerinin yapısında büyük rol oynar. Her bir kriterin önem derecesi amaca yönelik eşit veya farklı olabilir. Hedeflenen amaca yönelik oluşturulan ve karar probleminin çözümünde kullanılacak olan kriterlerin ağırlıklandırılması işlemi ile sonucumuz şüphesiz daha hassas olacaktır.

Kriterler az önemli ve çok önemli arasında alt gruplara ayrılırlar ve örneğin "Şut çok-yüksek önemlidir" gibi bir ifade yine Şekil 2'deki gibi bulanık kümelerle gösterilebilir (Radojevic ve Petrovic, 1997).



Şekil 1. Üyelik fonksiyonu



Şekil 2. Kriter ağırlıkları için üyelik fonksiyonu

$\mu$ , üyelik değerlerini göstermek üzere aşağıdaki kurallara göre ağırlıklar belirlenir:

Kural 1: Eğer kriter az önemli ise,  $\mu$  0'a yakındır.

Kural 2: Eğer kriter orta derece önemli ise,  $\mu$  0.5'e yakındır.

Kural 3: Eğer kriter çok önemli ise,  $\mu$  1'e yakındır.

Buradan elde edilen  $\mu$  üyelik değerleri aşağıdaki gibi normalleştirilerek kriter ağırlıkları bulunur:

$$\bar{\mu}_1 = \frac{\mu_1}{\mu_1 + \mu_2 + \dots + \mu_n} \quad (1)$$

### Sinirsel-Bulanık tabanlı karar destek sistemi

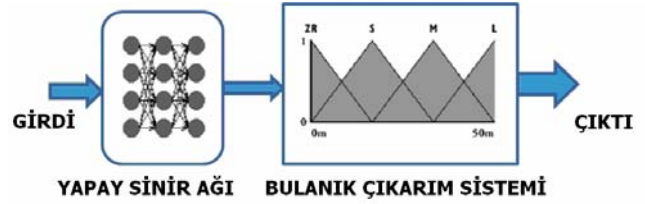
KDS, kullanıcılara bir durumu analiz etme ve karar vermeleri için bilgi sağlayan bir sistemdir. Doğru ve tutarlı kararların alınabilmesi için gerekli olan bilgilerin üretilmesi gerekir. Bu da bilgi sistemlerinin tasarlanmasıyla mümkündür. KDS bir bilgi sistemi olup, özellikle belirsizlik

seviyesi yüksek olan kararlar için analitik model(ler) kullanarak karar vericiye destek sağlayan sistemler olarak tanımlanmaktadır (Çetinyokuş ve Gökçen, 2002). Uygulamaya yönelik Sinirsel-Bulanık tabanlı Karar Destek Sisteminin geliştirilmesi oldukça karmaşık yapıların bir araya getirilmesini gerektirmektedir. SBS, çok katmanlı yapay sinir ağının ve bulanık mantığın birleşmesi ile meydana gelmektedir. (Nauck ve Kruse, 1995) Genel olarak; girdi ve çıktı katmanları, üyelik fonksiyonları ve bulanık kurallar içerir. SBS'de her bir katman bulanık çıkarım sürecindeki bir basamak ile ilgilidir. Mamdani bulanık çıkarım modeli kullanan bir sinirsel-bulanık sistem, beş katmandan oluşur ve en az bir ileri-beslemeli YSA içerir. (Nauck ve Kruse, 1999) Bu katmanlar sırasıyla: girdi katmanı, bulanıklaştırma katmanı, bulanık-kural katmanı, çıktı üyelikleri ve durulaştırma katmanlarıdır. Dilsel değişkenler ve bulanık kurallar biçimindeki uzman bilgisi SBS yapısına yerleştirilebilir. Örnek kümesi bulanık kümeler ile gösterilebildiğinde SBS bunları koşul cümlelerine çevirir.

Literatürde SBS'lerin üç farklı ana kategoride incelenmesi yoluyla karşılaştırılması yapılmaktadır. Bu üç ana kategori: Ortaklaşa, Eşzamanlı ve Tümüleşik çalışan SBS'ler olarak verilmektedir. Bulanık Çıkarım Sistemi (BÇS) bakış açısıyla YSA'nın öğrenme kabiliyeti bir avantaj iken, YSA bakış açısıyla BÇS'nin dilsel kural-tabanının otomatik oluşturulması bir avantaj olarak alınabilir (Lin ve Lee, 1991). Ortaklaşa çalışan SBS'den Bulanık Birleşik Bellek, Kosko (1992) tarafından ortaya konulmuştur. Pedrycz ve Card (1992)'e göre ise öz-örgütlemeli harita ağı kullanarak bulanık kural çıkartımı yöntemini ve bulanık küme parametrelerinin öğreniminin sistem kabiliyeti olarak ele alınması gerekmektedir.

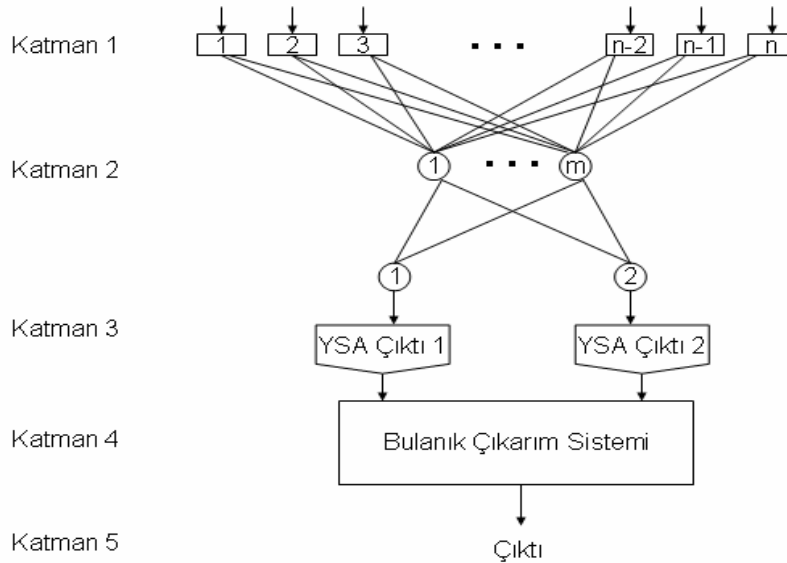
Eşzamanlı çalışan SBS'lerde, YSA çoğu zaman bulanık sistemden önce gelir. Bunun tam tersi de mümkün olup bulanık sistem de bazı durumlarda YSA'dan daha önce gelip çıktısını YSA'ya iletebilir. Bu durum, bulanık sisteme ait girdi değişkenlerinin doğrudan ölçülemediği bir durum olduğunda gerekli parametrelerini YSA'nın tanımlaması olarak açıklanabilir. Böyle kombinasyonlar tek başına bulanık sistemin optimizasyonunu sağlamamakla beraber, tüm sistemin başarımını genel anlamda artırmaktadır. Eğitim sadece YSA'da gerçekleşir ve bulanık sistem bu süreç boyunca değişmeden kalır. Bazı durumlarda bulanık çıktılar süreç için doğ-

rudan uygun/kabul edilebilir olmayabilir. Böyle bir durumda, YSA bulanık çıktıları işleyen bir operatör gibi davranır. Şekil 3'de görüldüğü gibi bir eşzamanlı çalışan SBS'de girdi verisi YSA'ya verilir, burada işlenen veri YSA'nın çıktısı olarak bulanık çıkarım sistemine aktarılır. Çıkarım sistemi, gelen veriyi işleyerek bir çıkarım yapar ve böylece tüm sistemin çıktısı elde edilmiş olur.



Şekil 3. Eşzamanlı çalışan SBS şeması

Bu çalışmada geliştirilen KDS, temel olarak eşzamanlı SBS biçiminde, bir YSA bileşeni ile bir Bulanık Çıkarım bileşeninden meydana gelmiştir. Bu sistem, meydana geldiği alt sistemlerin bileşkesi olarak çalışmaktadır. Sistemin girdi ve çıktı için akış yönü birinci katmandan başlayarak beşinci katmana kadar olan yönelimdeki ağırlıklar ve düğümler üzerinden girdi sinyalinin gönderilmesi esasına dayanmaktadır. SBKDS'nin oluşturulmasında kullanılan alt sistemler, belirli bir kural-tabanına dayandıkları için bazı kısıtlamalara sahiptirler.



Şekil 4. SBS modeli

Şekil 4’de görüldüğü gibi birinci katmandaki değerler SBKDS’nin girdileri olarak alınır. İkinci katmanda bulunan nöronlarda ilgili kriter ağırlıkları ve alternatiflerin üyelik değerleri Formül 2’deki gibi işleme tabi tutulur:

$$y_i = \sum_{j=1}^n w_{c_j}(a_i) \cdot w(C_j) \quad (2)$$

$y_i$ : i alternatifinin tüm kriterlere göre tatmin değeri,  $w_{c_j}(a_i)$ : j. kritere göre  $a_i$  alternatifinin üyelik değerleri,  $w(C_j)$ : j kriterinin ağırlığı, n:kriter sayısı.

Böylece ikinci katmanın YSA1 ve YSA2 çıktıları, bulanık çıkarım sisteminin girdisi olarak üçüncü katmana gönderilir.

Dördüncü katmanda, veriler bulanık çıkarım sistemine tanımlanmış bir kural-tabanı üzerinden değerlendirilir. Kural-tabanının gerekli durumlarda güncellenmesi veya kural eksiltilmesi eklenilmesi gerekebilir. Bu durumda sistemin elde edeceği sonuçlar daha da iyileştirilebilir. Bu kuralların koşul cümlelerine göre alternatifin performansı belirlenir. Bu aşamadan sonra alternatiflerin performans değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanır. Bu sıralama, beşinci katmanda SBKDS’nin nihai sonucu olarak kullanıcıya belirtilir.

### Deneysel çalışma sonuçları

Geliştirdiğimiz SBKDS, 15 adet kritere göre 7-14 yaş grubu 12 adet aday içerisinde basketbola yetenekli olanların seçilmesi için uygulanmıştır. Uygulama, Matlab ortamında M-file kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Uzman kişi ile belirlenen 15 adet kriterimiz iki gruba ayrılmaktadır:

- Fiziksel olarak ölçülebilen özellikler,
- Gözlem yoluyla değerlendirilebilen özellikler.

Basketbol için fiziksel olarak laboratuvar ortamında ölçebildiğimiz kriterler şunlardır: dikey sıçrama, kassal kuvvet, hareket sürati, reaksiyon zamanı, boy, ağırlık, beden kitle indeksi (BKİ), vücut yağ yüzdesi (VYY), dayanıklılık ve

anerobik güç. Bu kriterlerin her biri için üyelik fonksiyonları belirlenmiştir. Gözlem yoluyla belirlenen kriterler ise; top sürme, pas, şut, toplu driller, maç gözlemidir (Kasap vd, 1999). Bu kriterlere ilişkin gözlem değerleri dilsel olarak ifade edilir. Bunun için bulanık küme yaklaşımı ile bu kriterlere ilişkin değerler belirlenir. Örnek olarak “Oyuncu iyi şut atar” cümlesindeki dilsel değişken olan “Şut” bulanık kümelerle gösterilir. Tüm kriterlere ilişkin kriter ağırlıkları da daha önceki bölümde anlatılan yöntemle belirlenir. Şekil 5’te görüldüğü üzere sisteme etki eden 15 kriter girdi olarak alınır, önce bulanıklaştırılır sonra YSA bileşenine gönderilir. Bu YSA bileşenine ait çıktılar YSA1 ve YSA2 olarak bulanık çıkarım sistemine gönderilerek kural tabanına göre değerlendirilip performans değeri bulunur. Şimdi bu işlemlere adım adım bakalım:

**Adım 1:** Girdilerin alınması: Her bir adaya ait kriterler değerleri (Tablo 1) alınmıştır.

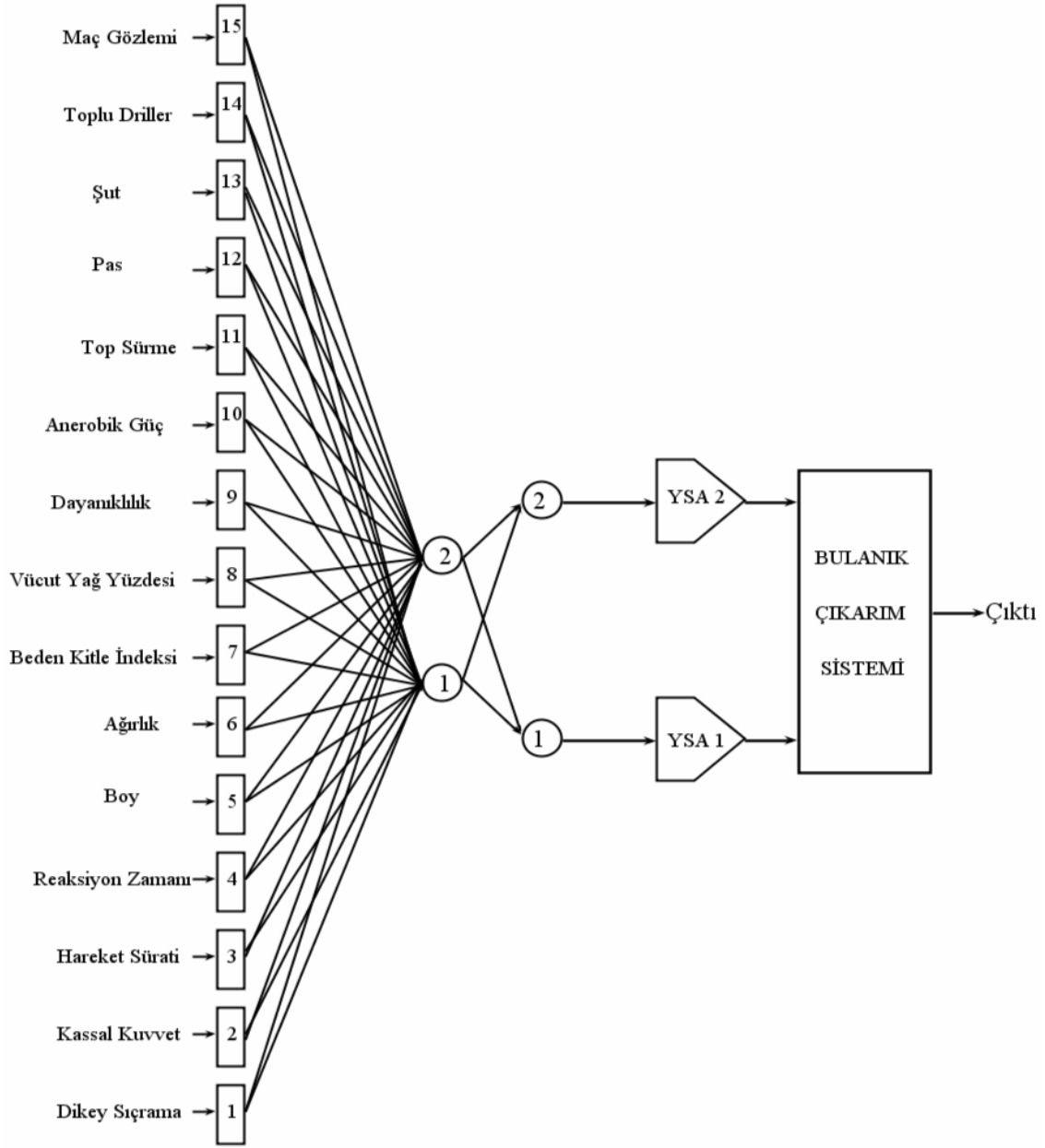
**Adım 2:** Bulanıklaştırma: Aşağıda gösterilen Şekil 6 ve Şekil 7 ‘deki gibi üyelik fonksiyonları kullanılarak bu değerler bulanıklaştırılmıştır.

**Adım 3:** Kriter ağırlıklarının bulunması: Kriter ağırlıkları daha önceki bölümde anlatıldığı gibi önemli ve önemsiz kriterler bulanık kümelere göre uzman kişi tarafından belirlenir. Bulunan ağırlıklar Tablo 2’de verilmiştir.

**Adım 4:** Bulanık değerlerin yapay sinir ağında değerlendirilmesi: Bulanık değerler kriter ağırlıkları ile beraber bir sonraki bileşen olan YSA’ya gönderilerek burada alternatifin performans ölçütü olarak değerlendirilir.

Fiziksel kriterler ve gözlem kriterleri YSA’nın ayrı ayrı iki çıktısı olarak BÇS’ye gönderilir.

**Adım 5:** Bulanık Çıkarım Sisteminde değerlendirme: YSA’dan gelen iki girdi, Mamdani çıkarım tabanlı (Bulanık VE işlemi) aşağıdaki kuralara göre değerlendirilir. Oyuncunun performansı beş değerle ölçülür: çok düşük, düşük, normal, yüksek, çok yüksek olarak ifade edilir.

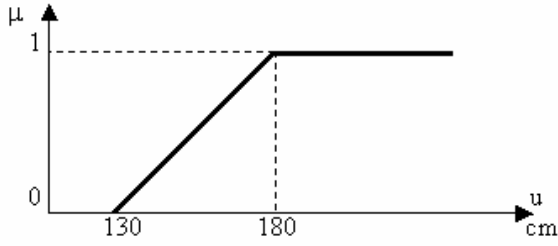


Şekil 5. Geliştirilen SBS Modeli

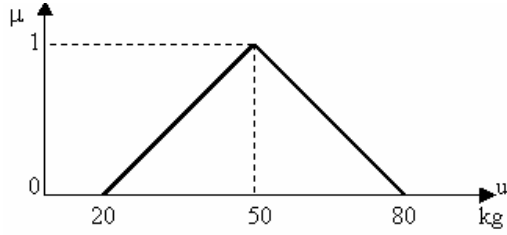
Tablo 1. Adaylara ilişkin ölçüm değerleri

Kriter Oyuncu	Dikey sıçrama (cm)	Kassal Kuvvet (kg)	Hareket Sürati (sn)	R.Zamanı (sn)	Boy (cm)	Ağırlık (kg)	BKİ (m/kg)	VYY (%)	Dayanıklılık (m)	A.Güç (kg-m/sn)
1	16	15.5	7.08	0.19	170	75.2	26.02	23	1810	66.58
2	32	21.5	6.17	0.18	154	43.4	18.29	16.5	2700	54.34
3	24	15.9	5.79	0.16	168	48.8	17.29	17.3	2050	52.92
4	31	21.8	5.51	0.17	171	47.5	16.24	4.7	2570	58.54
5	19	11.4	7.05	0.29	141.5	46.5	23.22	32.8	2400	44.86
6	19	23.9	7.08	0.25	171.5	70.2	23.86	24.4	1800	67.73
7	24	5	6.61	0.19	147.5	32.3	14.84	9.7	2500	35.02
8	28	22.9	5.83	0.19	171	44.6	15.25	4.7	2780	52.24
9	25	8.4	6.21	0.16	144	31.9	15.38	12.8	2700	35.30
10	25	16.1	6.09	0.19	167	40	14.34	4.5	2500	44.27
11	23	10.2	6.15	0.18	141	34	17.10	16.5	2410	36.09
12	34	27.7	5.74	0.18	176.5	58.6	18.81	8.3	2560	75.63





Şekil 6. Boy kriteri için üyelik fonksiyonu



Şekil 7. Ağırlık kriteri için üyelik fonksiyonu

Tablo 2. Kriter Ağırlıkları

Kriter	Ağırlık
Dikey Sıçrama	0.070
Kassal Kuvvet	0.064
Hareket Sürati	0.082
Reaksiyon Zamanı	0.095
Boy	0.055
Ağırlık	0.021
BKİ	0.037
VYY	0.036
Dayanıklılık	0.076
Anerobik Güç	0.117
T.Driller	0.065
Dripling	0.066
Pas	0.038
Şut	0.073
Maç Gözlemi	0.105

Kural 1: EĞER Girdi1 düşükse VE Girdi2 düşükse Performans çok düşüktür.

Kural 2: EĞER Girdi1 düşükse VE Girdi2 orta ise Performans düşüktür.

Kural 3: EĞER Girdi1 düşükse VE Girdi2 yüksekse Performans normaldir.

Kural 4: EĞER Girdi1 orta ise VE Girdi2 düşükse Performans düşüktür.

Kural 5: EĞER Girdi1 orta ise VE Girdi2 orta Performans normaldir.

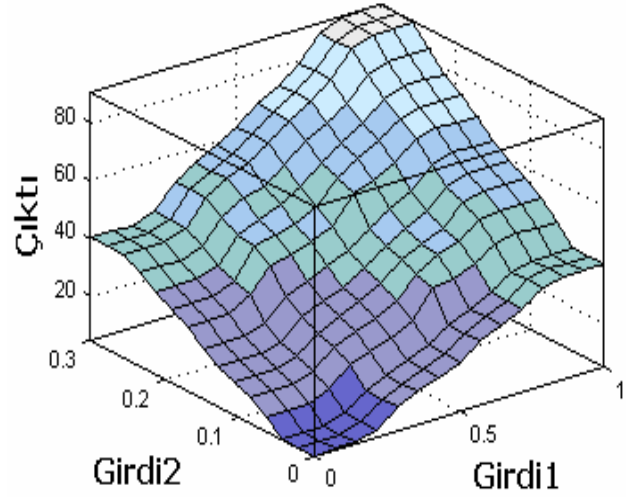
Kural 6: EĞER Girdi1 orta ise VE Girdi2 yüksekse Performans yüksektir.

Kural 7: EĞER Girdi1 yüksekse VE Girdi2 düşükse Performans normaldir.

Kural 8: EĞER Girdi1 yüksekse VE Girdi2 orta ise Performans yüksektir.

Kural 9: EĞER Girdi1 yüksekse VE Girdi2 yüksekse Performans çok yüksektir.

Burada Girdi1 fiziksel kriterleri, Girdi2 ise gözlem kriterlerini temsil etmektedir. Şekil 8'de yukarıdaki kurallara ilişkin 3-Boyutlu (Girdi1, Girdi2, Çıktı) kural yüzeyi görülmektedir.



Şekil 8. Üç-boyutlu uzayda kural tabanı yüzeyi

Bulanık çıkarım ile elde edilen performans değerleri Tablo 3'te görülmektedir.

Tablo 3. SBKDS'nin bulunduğu performans değerleri

Oyuncu	Performans
1	42.10
2	58.50
3	27.68
4	50.69
5	30.95
6	25.00
7	40.05
8	58.95
9	36.19
10	39.15
11	28.67
12	45.53

SBKDS'nin bulunduğu performans değerlerine göre adaylar büyükten küçüğe doğru sıralanarak uzman kişinin belirttiği sıralama ile karşılaştırılmalı olarak Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Adayların Uzman Kişi ve SBKDS'ye göre sıralanması

Sıra No	Uzman Kişi	SBKDS
1	2	8
2	4	2
3	8	4
4	12	12
5	1	1
6	10	7
7	9	10
8	7	9
9	5	5
10	11	11
11	6	3
12	3	6

Sonuçların ne derece tutarlı olduğunu ölçmek için Spearman Sıra Korelasyonu Formül 3'deki gibi uygulanmıştır.

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (3)$$

$\rho$ : Spearman sıra korelasyon katsayısı,

$d_i$ : beklenen sıra değeri ile gözlenen sıra değeri arasındaki fark,  $n$ : alternatif sayısı.

Buna göre  $\rho = 0,6923$  olarak bulunmuş ve test için hipotezler aşağıdaki gibidir:

$H_0$ : İki sıralama arasında korelasyon yoktur.

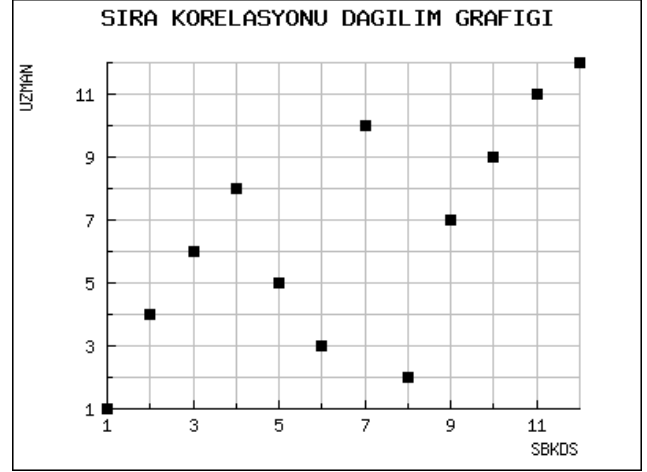
$H_1$ : İki sıralama arasında korelasyon vardır.

$$t = \frac{\rho}{\sqrt{(1 - \rho^2)/(n - 2)}} \quad (4)$$

Student's t dağılımına göre -3.03 bulunmuş olup, t tablosundan buna karşılık gelen olasılık değeri  $p=0.013 < 0.05$  olduğu için  $H_0$  hipotezini reddederek anlamlı bir korelasyon olduğu söylenebilir. Şekil 9'da Uzman Kişi'nin belirttiği sıralamaya karşılık SBKDS'nin çıkarım yaparak elde ettiği sıralamaya ait korelasyon dağılım grafiği görülmektedir.

## Sonuçlar

Bulanık kümeler ve Yapay Sinir Ağı yöntemlerinin herhangi bir amaca yönelik olarak, bir arada kullanımı birçok uygulamada mevcuttur. Bu iki temel konunun, sahip oldukları birbirini tamamlayıcı özellikler, oldukça geniş bir alanı kapsayan uygulamaları ortaya çıkarmıştır.



Şekil 9. Sıra korelasyonu dağılım grafiği.

Çalışmada, Yapay Sinir Ağları ve Bulanık Mantık kombinasyonu ile melez bir eşzamanlı Sinirsel-Bulanık Karar Destek Sistemi geliştirilmiştir. Burada fiziksel olarak ölçülebilen ve gözlem yoluyla elde edilen kriterlerin iki bağımsız parça şeklinde değerlendirilmesi ve sonra bulanık çıkarım sistemi ile kurallara göre birleştirilmesi yapılmıştır. Karmaşık verinin analizi ve modellenmesinde meydana gelebilecek farklılıklar bulanık mantık kullanılarak azaltılmış ve fiziksel ve gözlem yoluyla elde edilen kriterler bulanık kümelerle modellenmiştir. YSA ise, kriterler ve alternatifler arasındaki ilişkinin belirlenmesinde ve kuralların birleştirilmesi için kullanılmıştır. Kriter ağırlıklarının kullanılması ile önemli kriterlerin öne çıkması ve sonucun daha hassas olması sağlanmıştır. Uygulama sonucunda uzman kişinin verdiği sonuçlar ve geliştirilen modelin verdiği sonuçlar arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmüş ve geliştirilen yöntemin doğru ve tutarlı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

## Kaynaklar

- Ayata, T., Çam, E. ve Yıldız, O., (2007). Adaptive neuro-fuzzy inference systems (ANFIS) application to investigate potential use of natural ventilation in new building designs in Turkey, *Energie Conversion Management*, **48**, 1472-1479.
- Chen K., Blong R. ve Jacobson C., (2004). Artificial Neural Networks for Risk Decision Support in Natural Hazards: A Case Study of Assessing the Probability of House Survival from Bushfires, *Environmental Modeling and Assessment*, **9**, 189-199.

- Çetinyokuş, T. ve Gökçen, H., (2002). Borsada Göstergelerle Teknik Analiz İçin Bir Karar Destek Sistemi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, **17**, 43-58.
- Eldukair, Z.A. ve Ayyub, B.M., (1992). Multi-Attribute Fuzzy Decisions in Contruction Strategies, *Fuzzy Sets and Systems*, **46**, 155-165.
- Eminov, M. ve Ballı, S., (2004). Karmaşık Problemler İçin Belirsizlik Altında Çok Kriterli Bulanık Karar Verme, *Bildiriler*, XXIV Yöneylem Araştırması / Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi, 440-443, Adana.
- Funabashi, M., Maeda, A., Morooka, Y. ve Mori, K., (1995). Fuzzy and neural hybrid expert systems: synergetic AI, *IEEE Intelligent Systems and Their Applications*, **10**, 32-40.
- Kahraman, C., Buyukozkan G. ve Ates N. Y., (2007). A two phase multi-attribute decision-making approach for new product introduction, *Information Sciences*, **177**, 1567-1582.
- Kasap, H., Karagözoğlu, C., Kemertaş, İ., (1999). *Eğitim ve Spor Eğitiminde Ölçme ve Değerlendirme*, 135, Beyaz Yayınları, İstanbul.
- Kosko, B., (1992). *Neural Networks and Fuzzy Systems: A Dynamical Systems Approach to Machine Intelligence*, 224, Prentice Hall, New Jersey.
- Lee, V.C.S. ve Wong H. T., (2007). A multivariate neuro-fuzzy system for foreign currency risk management decision making, *Neurocomputing*, **70**, 942-95.
- Li, M., (1999). Fuzzy Multiattribute Decision-Making Models and Methods with Incomplete Preference Information, *Fuzzy Sets and Systems*, **106**, 113-119.
- Li, D. (1999), Fuzzy multiattribute decision-making models and methods with incomplete preference information, *Fuzzy Sets and Systems* **106**, 113-119.
- Lin, C.T. ve Lee, C.S.G., (1991). Neural Network based Fuzzy Logic Control and Decision System, *IEEE Transactions on Computers*, **40**, 1320-1336.
- Lin H.Y., Hsu, P.Y., Sheen, G. J., (2007). A fuzzy-based decision-making procedure for data warehouse system selection, *Expert Systems with Applications*, **32**, 939-953.
- Nauck, D., Kruse, R., (1995). NEFCLASS: A Neuro-Fuzzy Approach for the Classification of Data, *Proceedings*, ACM Symposium on Applied Computing, 461-465, Nashville.
- Nauck, D., Kruse, R., (1999). Neuro-Fuzzy Systems for Function Approximation, *Fuzzy Sets and Systems*, **101**, 261-271.
- Pedrycz, W. ve Card, H.C., (1992). Linguistic Interpretation of Self Organizing Maps, *Proceedings*, The IEEE International Conference on Fuzzy Systems, 371-378, San Diego.
- Radojevic, D., Petrovic, S., (1997). A Fuzzy Approach to Preference Structure in Multicriteria Ranking, *International Transactions in Operational Research*, **4**, 419-430.
- Roubens, M., (1997). Fuzzy Sets and Decision Analysis, *Fuzzy Sets and Systems*, **90**, 199-206.
- Saaty, T.L., (1978), Exploring The Interface Between Hierarchies, Multiple Objectives and Fuzzy Sets, *Fuzzy Sets and Systems*, **1**, 57-68.
- Yager, R.R., (1978). Fuzzy Decision Making Including Unequal Objectives, *Fuzzy Sets and Systems*, **1**, 87-95.
- Zimmermann, J.H., (1996). *Fuzzy Set Theory and Its Applications*, 435, Kluwer Academic Publishers, U.S.A.
- 
- Durán, O. ve Aguilo, J., (2007). Computer-Aided Machine-Tool Selection based on a Fuzzy-AHP approach, *Expert Systems with Applications*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2007.01.046>, (11.07.2007)