

Tıpta Yapay Zeka Uygulamaları*

Artificial Intelligence Applications in Medicine

Ayşe DEMİRHAN¹, Yusuf Alper KILIÇ², İnan GÜLER¹

¹ Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye
Department of Computer Engineering, Faculty of Technology, University of Gazi, Ankara, Turkey

² Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Genel Cerrahi Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye
Department of General Surgery, Faculty of Medicine, University of Hacettepe, Ankara, Turkey

* 5. Cerrahi Araştırma Kongresi (Ankara, 2009 Aralık)'nde kısmen sunulmuştur.

ÖZET

Yapay zeka; zeki makineler özellikle de, zeki bilgisayar programları yapma bilimi ve mühendisliğidir. "Tıbbi yapay zeka"nın temel ilgi alanı klinik teşhis işlemlerini gerçekleştirebilecek ve tedavi önerilerinde bulunabilecek yapay zeka programlarının oluşturulmasıdır. Yapay zeka, karmaşık tıbbi verileri analiz edebilecek yeteneklere sahiptir. Yapay zeka yöntemlerinin bir veri kümesi içindeki anlamlı ilişkileri ortaya çıkarabilme yetenekleri pek çok klinik senaryoda tanı, tedavi ve sonucu tahmin etmek için kullanılmaktadır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan başlıca yapay zeka yöntemleri; uzman sistemler, bulanık mantık, genetik algoritma ve yapay sinir ağlarıdır. Tıbbi uzman sistemler tıbbi uzmanların tavsiyeleri doğrultusunda geliştirilir. Hasta verilerine dayanarak, hekime tavsiye ve önerilerde bulunur. Bulanık mantık grinin çeşitli derecelerini bilimsel olarak ifade edebilmekte, yaklaşık sonuçlar çıkarabilmektedir. Tıpta kullanılan çoğu kavram bulanık olduğundan bu kavramlar ve aralarındaki ilişkiler bulanık mantık yöntemiyle temsil edilebilir. Yapay sinir ağları biyolojik sinir sisteminin çalışmasını taklit eden nöronlar içerir. Bu nöronların çeşitli şekillerde birbirlerine bağlanmasıyla bir ağ oluşturulur. Yapay sinir ağları tıbbi araştırma verileri içinden daha önce fark edilmemiş desenleri saptama, sınıflama, tıbbi aygıtların kontrolü, tıbbi görüntülerin karakteristiklelerinin tespit edilmesi gibi pek çok uygulamada aktif olarak kullanılmaktadır. Yapay zeka yöntemlerinin yeterliliği tıbbin neredeyse her alanında araştırılmıştır ve uygulama potansiyeline sahiptir. Halen gelişmekte olan bu yöntemlerin gerçek klinik ortamlarda uygulamaya başlanmasından önce daha ileri klinik denemelere ihtiyaç vardır. Bu çalışmada farklı yapay zeka yöntemleri gözden geçirilerek, bu yöntemleri kullanan önemli klinik çalışmalar incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay zeka, Bulanık mantık, Yapay sinir ağları, Tıpta yapay zeka uygulamaları.

Geliş Tarihi: 08/03/2010 • Kabul Ediliş Tarihi: 15/03/2010

ABSTRACT

Artificial Intelligence (AI) is the science and engineering of creating intelligent machines and especially computer programs. 'Medical AI' is mainly concerned with building computer programs that can perform clinical diagnoses and suggest treatments. AI



has the capability of analyzing complex medical data. The ability of AI to detect meaningful relationships in a data set is used in many clinical situations to diagnose, treat and predict the results. The main AI methods used extensively are expert systems, fuzzy logic, genetic algorithm, and artificial neural networks. Medical expert systems are developed according to the recommendations of medical experts. They come up with recommendations and suggestions for the doctors, according to the patient data. Fuzzy logic can scientifically express different shades of gray, and can deduce near results. Since many concepts in medicine are fuzzy, these concepts and their interrelations can be described with fuzzy logic. Artificial neural networks contain neurons that mimic biological nervous systems. A network is obtained by connecting these neurons in various ways. Artificial neural networks are used extensively for determining previously unseen patterns in medical research data, classification, controlling medical devices, and detecting the characteristics of medical images. The abilities of AI methods have been investigated in almost all branches of medicine, and have application potentials. Before applying these still-developing methods in real clinical environments, further clinical experimentations are needed. In this study, different AI methods are reviewed and important clinical studies that have used these methods are investigated.

Key Words: Artificial intelligence, Fuzzy logic, Artificial neural networks, Artificial intelligence applications in medicine.

Received: 08/03/2010 • Accepted: 15/03/2010

Yapay zeka terimi ilk defa John McCarthy tarafından, “zeki makineler özellikle de, zeki bilgisayar programları yapma bilimi ve mühendisliği” olarak tanımlanmıştır (1). Makinelerin muhakeme yeteneği, geçmiş bilgilerden faydalanma, planlama, öğrenme, iletişim kurma, algılama ve nesnelere oynatabilme, yer değiştirebilme yeteneğine sahip olmasını amaçlayan bir bilim dalıdır.

Yapay zeka ile belirli insan davranışlarını (nesnelere alma ve bunları belirli yerlere yerleştirme gibi) yapan ve belirli bir uzmanlık alanı ile ilgili (veri hesaplaması, tıbbi teşhis gibi) beşeri düşünme sürecinin benzetimini yapan sistemler oluşturulabilir. Yapay zeka alanında önemli gelişmeler günümüzde sağlanmış olmakla beraber, araştırma düzeyi halen kuluçka safhasındadır. Yapay zeka araştırmacıları yapay zekanın geliştirilmesine yönelik yeni icat ve yenilikleri ortaya koymaya devam etmektedir.

Başlıca yapay zeka yöntemleri; uzman sistemler, bulanık mantık, genetik algoritma ve yapay sinir ağlarıdır. Uzman sistemler, bir konuda uzman kişi ya da kişilerce yapılabilen muhakeme ve karar verme işlerini modelleyebilen bilgisayar sistemleridir. İyi geliştirilmiş bir uzman sistem, konusunda uzman olan kişilerin yapabildiği tasarım, planlama, teşhis etme, yorumlama, özetleme, genelleme, kontrol etme, tavsiyelerde bulunma gibi işlemleri taklit edebilme özellikleri vardır (2). Tıbbi uzman sistemler, tıbbi alanlar içerisindeki yapısal soruları çözmek ve yanıtlar sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Tıbbi uzman sistemler bir veya daha

çok tıbbi uzmanın tavsiyeleri doğrultusunda geliştirilir. Böylece en uygun sorular dikkate alınarak doğru sonuçların üretilmesi sağlanır. Tıbbi uzman sistemlerinin amacı hekimin yerini almaktan çok hastaya ait verilere dayanarak, hekime tavsiye ve önerilerde bulunmaktadır (3). Bulanık mantık Aristo mantığının siyah-beyaz ikilemine karşılık, Lütfü Asker Zade'nin geliştirdiği grinin çeşitli derecelerinin varlığının bilimsel olarak ifade edilebilmesidir. Bulanık mantıktaki nitelendirmeler, uzman sistemlerden farklı olarak, insanların günlük hayatta yaptığı nitelendirmeler gibi kesin değildir. Kural tabanının oluşturulmasında kesin olamayan hükümlerin kullanılmasına imkan sağlar. Genetik algoritmalar yapay zekanın gittikçe genişleyen bir koludur. Evrimsel bir hesaplama tekniğidir. Genetik algoritmalar, doğada gözlemlenen evrimsel sürece benzer bir şekilde çalışan arama ve en iyileme yöntemidir. Karmaşık çok boyutlu arama uzayında çalışırken, bütünsel en iyi çözümü arar. En iyinin hayatta kalması ilkesine göre hareket eder. Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin bilgi işleme teknolojilerinden esinlenerek geliştirilmiştir. Basit bir biyolojik sinir sisteminin çalışma şeklini simüle eder. Simüle edilen sinir hücreleri nöronlar içerir ve bu nöronlar çeşitli şekillerde birbirilerine bağlanarak ağı oluşturur. YSA'lar öğrenme, hafıza alma ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma kapasitesine sahiptir (4).

“Tıbbi yapay zeka”nın temel ilgi alanı klinik teşhis işlemlerini gerçekleştirebilecek ve tedavi önerilerinde bulunabilecek yapay zeka programlarının oluşturulmasıdır.

Tıbbi yayınlarda yapay zeka yöntemlerinin kullanım durumunu tespit etmek üzere PubMed veri tabanında “artificial intelligence” kelimesi araştırılmıştır. Yıllara göre toplam makale sayısı Tablo 1’de verilmiştir. 1998-2008 yılları arasında tıbbi yayınlarda yapay zeka yöntemlerini kullanan toplam 11.147 makale bulunmuştur. Bu makalelerin 1769 tanesi bulanık mantık, 7476 tanesi YSA, 1902 tanesi ise diğer yapay zeka yöntemlerini kul-

lanmaktadır. Tıpta yapay zeka yöntemlerini kullanan makale sayısının üstel olarak arttığı görülmektedir (Şekil 1).

Yapay zeka yöntemlerinin tıp alanındaki uygulamaları ile ilgili makaleler yayınlayan çok sayıda SCI dergi bulunmaktadır. Bu dergilerden bazıları şunlardır;

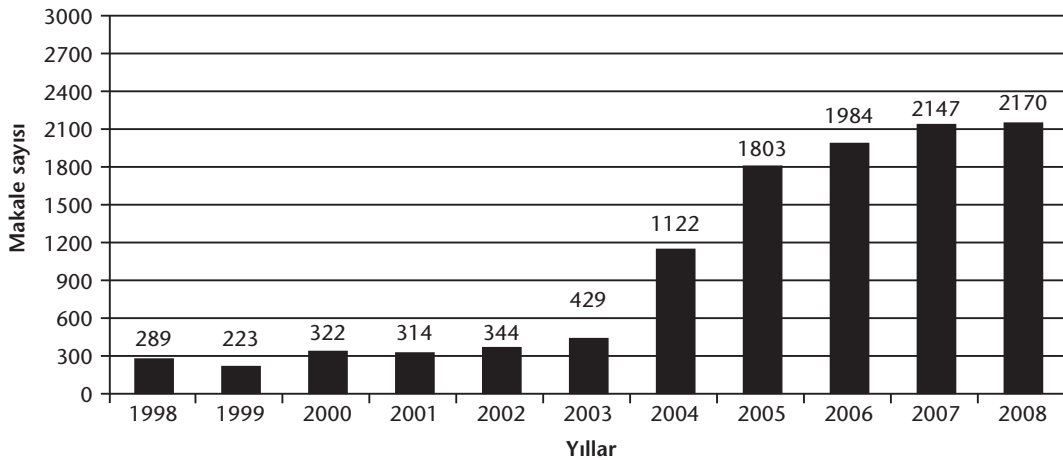
- Artificial Intelligence in Medicine
- Computers in Biology and Medicine
- Computer Methods and Programs in Biomedicine
- Medical & Biological Engineering & Computing
- IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine

BULANIK MANTIK

Bulanık mantığın temelinde bulanık küme ve alt kümeler bulunmaktadır. Klasik küme teorisinde bir varlık kümenin elemanıdır ya da değildir. Bu durum matematiksel olarak ifade edilirse varlık kümenin elemanı olduğunda “1”, kümenin elemanı olmadığına “0” değerini almaktadır. Bulanık mantıktaki kümeler klasik kümelerin genişletilmiş halidir. Bulanık varlık kümesinde her bir varlığın üyelik derecesi vardır. Varlıkların üyelik derecesi, [0 1] aralığında herhangi bir değer olabilir. Üyelik derecesi üyelik fonksiyonu $\mu(x)$ ile gösterilir.

Tablo 1. Yıllara göre tıbbi yayınlarda yapay zeka yöntemlerini kullanan makale sayıları

Yıl	Makale sayısı
1998	289
1999	223
2000	322
2001	314
2002	344
2003	429
2004	1122
2005	1803
2006	1984
2007	2147
2008	2170



Şekil 1. Yıllara göre tıpta bulanık teknoloji kullanan makale sayısı.

Olasılıklar ve bulanık mantık birbirini tamamlar. Günlük hayatta "... hepatit hastalığındaki tüm olguların %60'ında şiddetli ateş, %45'inde sarımtırak cilt rengi ve %30'unda bulantı görülür" biçimindeki ifadeler tıpta sıklıkla kullanılmaktadır. Bulanık mantık bu ifadedekine benzer dilsel değişkenleri ve belirsizlikleri modelleme yeteneğine sahiptir (5).

Örneğin; yüksek ateş probleminin bulanık küme teorisine uygulanması Şekil 2'de gösterilmiştir (5).

Çeşitli ateş derecelerinin şiddetli ateş bulanık kümesine üyelikleri aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$\mu_{\text{ŞA}}(35^{\circ}\text{C})=0 \quad \mu_{\text{ŞA}}(38^{\circ}\text{C})=0.1 \quad \mu_{\text{ŞA}}(41^{\circ}\text{C})=0.9$$

$$\mu_{\text{ŞA}}(36^{\circ}\text{C})=0 \quad \mu_{\text{ŞA}}(39^{\circ}\text{C})=0.35 \quad \mu_{\text{ŞA}}(42^{\circ}\text{C})=1$$

$$\mu_{\text{ŞA}}(37^{\circ}\text{C})=0 \quad \mu_{\text{ŞA}}(40^{\circ}\text{C})=0.65 \quad \mu_{\text{ŞA}}(43^{\circ}\text{C})=1$$

Bulanık mantıkta bir değer birden fazla kümenin elemanı olabilir. Ateşin şiddeti için tanımlanmış bulanık kümeler (düşük ateş, normal, yüksek ateş, şiddetli ateş) ve bu kümelerin üyelik fonksiyonları Şekil 3'te gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere 38°C'lik ateş değeri yüksek ateş kümesine büyük ölçüde üye iken, şiddetli ateş kümesine çok az üyedir.

Bulanık mantık, bulanık denetleyicilerden oluşmaktadır. Şekil 4'te basit bir bulanık mantık sistemi görülmektedir. Bulanık mantık kontrol stratejisi dilsel seviyede tanımlanır (5).

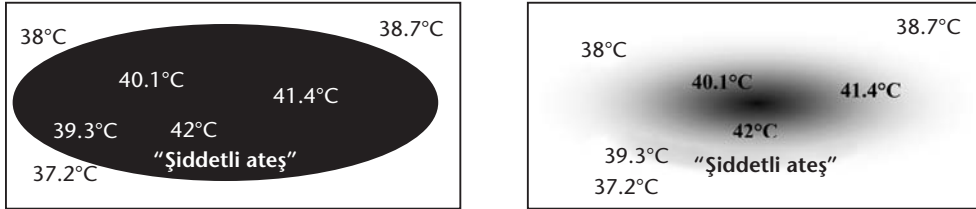
Bulanıklaştırma işlemi ölçülen giriş bilgilerini dilsel niteleyiciler olan sembolik değerlere dönüştürme işlemidir. Üyelik işlevinden faydalanılarak giriş bilgilerinin ait olduğu bulanık küme/kümeler ve üyelik derecesi tespit edilerek girilen değerler düşük, normal, yüksek gibi dilsel değişkenler olarak atanır (6).

Model veya kontrolörün giriş ve çıkış değişkenleri belirlenip, değişkenler için ifade kümeleri (düşük, normal, yüksek vb.) seçildikten sonra bir kural tabanda bulunan kurallar kullanılarak giriş ve çıkış arasındaki bağlantılar sağlanır. Sistemin girişleri A ve B, çıkışı C ise;

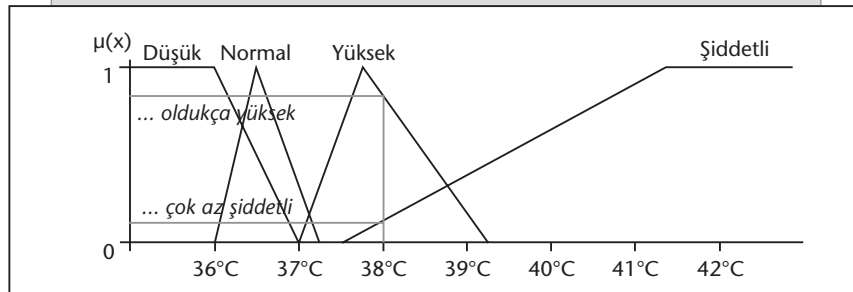
$$\text{EĞER } A = x \text{ ve } B = y \text{ ise O HALDE } C = z$$

şeklindeki bulanık kural A ve B giriş değerlerine göre C çıkışının bulanık değerini belirler.

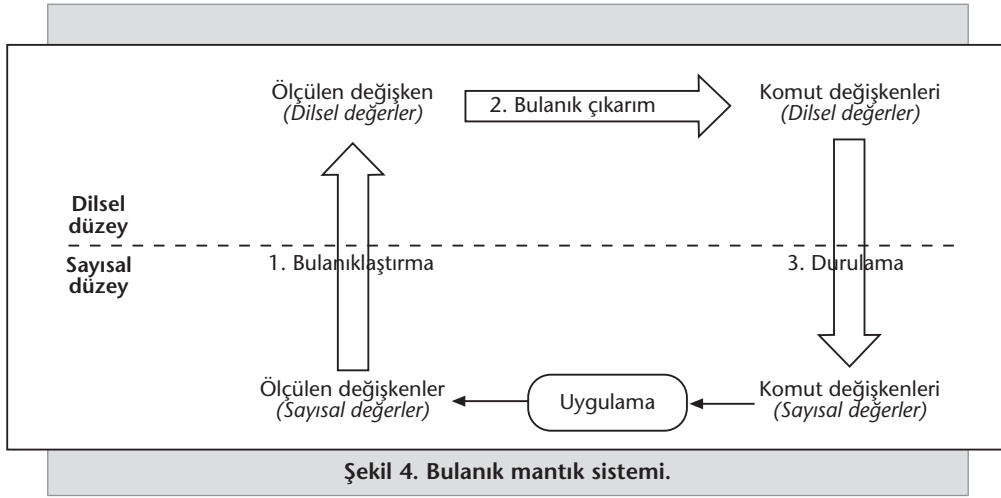
Bulanıklaştırılmış girişleri ve kural tabanında saklanan kuralları kullanan çıkarım birimi, gelen



Şekil 2. Yüksek ateş problemi için klasik küme ve bulanık küme yaklaşımları.



Şekil 3. Ateşin şiddeti için tanımlanmış bulanık kümeler.



verileri işler ve bir bulanık çıkış üretir. Bu çıkış gerçek sistemde kullanılacağı için bulanık değerlerden gerçek değerlere dönüştürülmesi gerekir. Bu işleme durulama denir (7).

Tıpta kullanılan çoğu kavram bulanıktır. Tıbbi kavramların ve bu kavramlar arasındaki ilişkilerin kesin olmayan doğası nedeniyle bulanık mantık yöntemi tıbbi uygulamalar için uygundur. Kesin olmayan tıbbi durumlar bulanık kümelerle tanımlanabilir. Bulanık mantık yaklaşık sonuç çıkarma yeteneğine sahip çözüm üretme metodları önermektedir (8). Tıptaki pratiğin karmaşıklığı nedeniyle geleneksel nicel analiz yaklaşımları uygun olmamaktadır. Tıptaki bilgi yetersizliği ve belirsizliği ile çoğu zaman bu bilginin çelişkili oluşu genel gerçeklerdir. Belirsizliğin kaynakları aşağıdaki gibi sınıflanabilir (9):

1. Hasta hakkındaki bilgi.

2. Hastanın tıbbi öyküsü, çoğu zaman hastanın kendisi ve/veya ailesi tarafından sağlanır. Bu bilgi genellikle büyük ölçüde subjektif ve belirsizdir.

3. Sağlık muayenesi. Hekim çoğu zaman nesnel veri elde eder, fakat bazı durumlarda normal ve patolojik durumlar arasındaki sınır keskin değildir.

4. Laboratuvar ve diğer teşhise ilgili test sonuçları. Bunlar da bazı hatalara ve hatta inceleme öncesi hastanın yanlış davranışına maruz kalabilir.

5. Hastada sahte, abartılı, olduğundan az göz-

terilen semptomlar olabilir. Hasta semptomlarının bazılarında bahsetmeyi ihmal edebilir.

Bulanık mantık tıp alanında önemli bir rol oynamaktadır ve pek çok tıbbi uygulamada araştırılmıştır (10). Bulanık mantığın tıptaki uygulamalarından bazıları aşağıdaki gibidir (9);

- Meme kanseri, akciğer kanseri veya prostat kanserini tespit etmek,
- Santral sinir sistemi tümörlerinin teşhisine yardımcı olmak,
- İyi huylu lezyonları kötü huylu olanlardan ayırt etmek,
- İlaç kullanımının nicel tahminlerini göstermek,
- Felç alt türlerini ve eşlik eden iskemik felci karakterize etmek,
- Radyasyon terapisindeki karar vermeyi geliştirmek,
- Anestezi sırasındaki hipertansiyonu kontrol etmek,
- Fleksör-tendon onarım tekniklerini tespit etmek,
- Uygun lityum dozajını tespit etmek,
- Manyetik rezonans görüntülerindeki beyin dokularının hacim ve oylumunu hesaplamak ve fonksiyonel manyetik rezonans görüntülerini analiz etmek.

Örnek Uygulama: FuzzyKBWean: Suni Havalandırmadan Ayırmak İçin Bir Bulanık Kontrol Sistemi

Kalp ve göğüs boşluğunu ilgilendiren cerrahiden sonra bir yoğun bakım servisinde mekanik olarak oksijen verilen hastalarda uygulanan FuzzyKBWean, mekanik havalandırmanın üç safhası boyunca (stabilizasyon, ayırma ve son olarak hastanın ekstübasyonu) mekanik ventilasyon sisteminin ayarlarındaki değişiklikler için öneriler sunmaktadır. Açık-döngü sisteminde hasta veri yönetimi sistemine entegrasyonu yapılan FuzzyKBWean bir dakika zaman çözünürlüğüne sahiptir. Uzun dönem hedefi olarak kapalı-döngü sisteminde ventilatöre otomatik moda entegrasyonu hedeflenmektedir. FuzzyKBWean sisteminin yapısı Şekil 5'te verilmiştir (11-13).

FuzzyKBWean sistemi geliştirilirken safhaya bağlı bulanık kümeler ve dilsel Eğer/O Halde kuralları kullanılmıştır. Kuralların genel yapısı; "Eğer: Hastanın fizyolojik parametreleri ve ventilatör ölçüm parametreleri x değerinde ise O Halde: Ventilatör ayarlarındaki değişiklikler için öneriler y'dir" şeklindedir. Bulanıklaştırma adımında aritmetik, istatistik, karşılaştırmalı, mantıksal, geçici ve kontrol operatörleri kullanılmıştır. Durulama adımında ağırlık merkezi metodu kullanılmıştır. Görevli hekim ile doğrulama yapılarak açık döngü oluşturulmuştur.

Sistemde kullanılan bulanık kurallara birkaç örnek aşağıdaki gibi verilebilir;

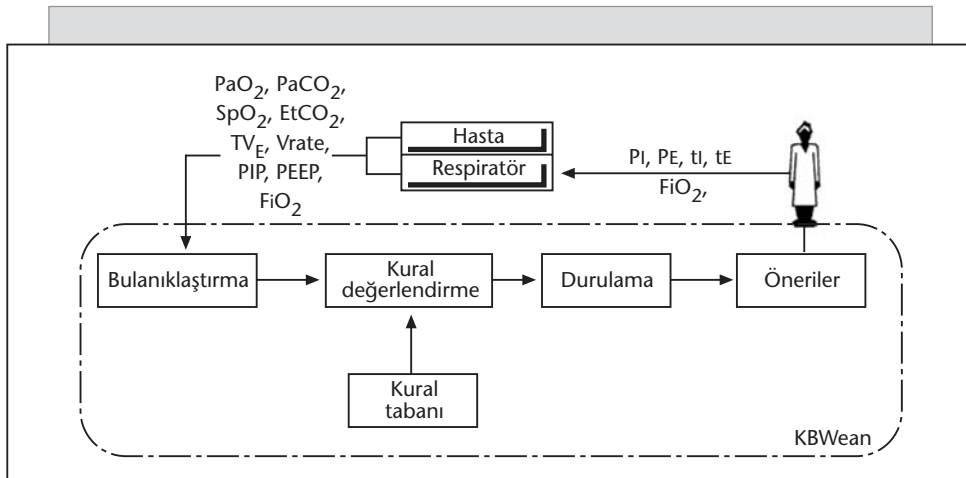
Kural 1: Eğer $PaO_2 =$ çok düşük ve $PaCO_2 =$ düşük ise O Halde FiO_2 -değişim= +10

Kural 2: Eğer $PaO_2 =$ normal ve $PaCO_2 =$ normal ise O Halde FiO_2 -değişim= -5

Kural 3: Eğer $PaO_2 =$ yüksek ve $PaCO_2 =$ normal ise O Halde FiO_2 -değişim= -10

Sonuçta FuzzyKBWean sistemini oluşturmak için 23 değişken, 74 bulanık küme (safhaya bağlı) ve 16 Eğer/O Halde kuralı [4 kural ölçüm hataları ve geçerlilik için kontrol, 3 kural ventilasyon için (normal aralık, hipoventilasyon, hiperventilasyon), 4 kural oksijenizasyon için (stabilizasyon, oksijenizasyon normal, hipoksi, şiddetli hipoksi), 4 kural ara durumlar için (yükselmiş $EtCO_2$, azalmış $EtCO_2$, safha değişiklikleri), 1 kural ekstübasyon için] kullanılmıştır. Bilgi seviyesindeki doğal Eğer/O Halde kuralları ile hekimin tıbbi bilgisi FuzzyKBWean'e transfer edilmiştir.

On rastgele hasta üzerinde FuzzyKBWean'in görevli hekimden 131 dakika önce doğru şekilde tepki verdiği görülmüştür. Ventilasyon parametrelerindeki düzeltmeler oksijenizasyondaki düzeltmelerden daha güvenilir olmuştur. Safhaya özel kurallar ventilatör ayarlarında sık sık çok küçük değişiklikler önermesine neden olmuştur. Sonuçta bu sistem ile hastanın güvenliğine ve konforuna katkı sağlanmıştır.



Şekil 5. FuzzyKBWean sisteminin yapısı.

YAPAY SİNİR AĞLARI

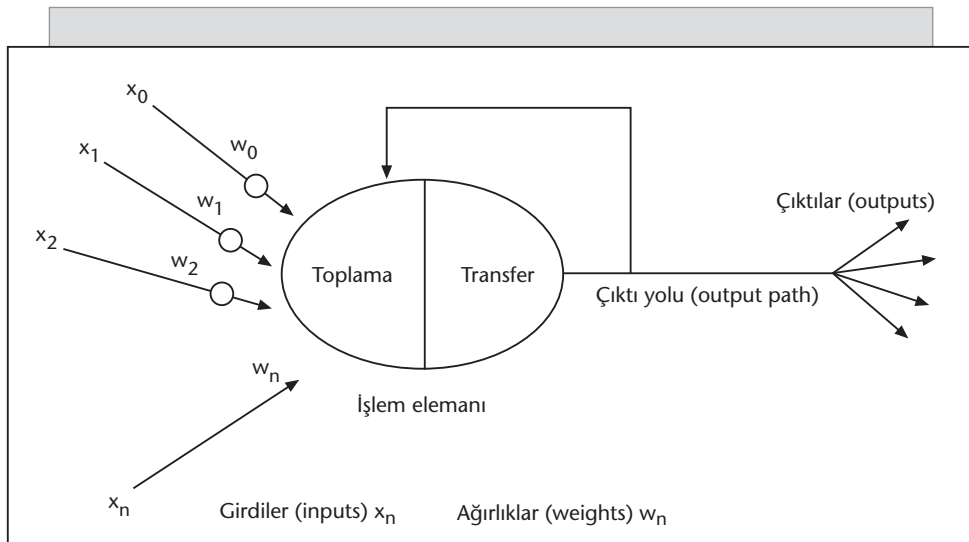
YSA sisteminin bağımsız değişkenleri olan girişleri, bağımlı kestirilen değişkenler olan çıkışlar ile ilişkilendirerek karmaşık, doğrusal olmayan modeller oluşturur. YSA modelleme ve karar verme işlemlerinde kullanılan en önemli araçlardandır. Bunun nedeni, sınırlı ve tamamlanmamış olan veri tabanlarından en iyi sonucu çıkarabilmesi ve farklı eğitim algoritmaları ile eğitilmeleri durumunda başarının artırılabilmesidir. Bu özelliklerinin yanı sıra, YSA'nın klinik protokollerden çıkarılan veriler, ölçümlerden elde edilen laboratuvar verileri, işaretler veya görüntülerden çıkarılan öznelilikler gibi bir sistemin farklı yapıdaki verilerini birleştirerek tümleşik teşhis sistemi oluşturma özelliği vardır. Farklı disiplinlerdeki problemlerin çözümlenmesinde kullanılabilen YSA için farklı ağ mimarileri ve farklı eğitim algoritmaları geliştirilmiştir (14,15).

YSA hesaplama ve bilgi işleme gücü bakımından güçlüdür. YSA bu gücü paralel dağılmış yapısından, öğrenebilme ve genelleme yeteneğinden alır. Genelleme, YSA'nın eğitim ya da öğrenme sürecinde karşılaşmadığı girişler için de uygun tepkileri üretebilmesidir. Tüm bu özellikler YSA'nın karmaşık problemleri de çözebilme yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir. YSA'nın temel işlem elemanı olan nöron, doğrusal değildir (Şekil 6). Bu nedenle hücrelerin birleştirilmesiyle meydana ge-

tirilen YSA'da doğrusal değildir ve bu özellik bütün ağa yayılmış durumdadır. Bu özellik doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde YSA en önemli araç olmuştur (16).

Şekil 6'da girişler x_n sembolü ile gösterilmiştir. Girişler (x_1, x_2, \dots, x_n) çevreden aldığı bilgiyi sinire getirir. Girişler kendinden önceki sınırlardan veya dış dünyadan sinir ağına gelebilir. Bir sinir birden çok giriş alır. Ağırlıklar (w_1, w_2, \dots, w_n) yapay sinire sunulan girişlerin sinir üzerindeki etkisini belirleyen uygun katsayılarıdır. Girişlerin her biri ağırlık w_n ile çarpılır. Her girişin kendine ait ağırlığı bulunmaktadır. Bir ağırlığın değerinin büyük olması o girişin yapay sinire güçlü bağlanması ya da önemli olması, küçük olması ise zayıf bağlanması ya da önemli olmaması anlamına gelir. Bu çarpımların toplamından elde edilen sonuç eşik değeri adı verilen θ_j ile toplanır. Bazı durumlarda toplama işlevi en az, en çok, çoğunluk veya normalleştirme algoritması gibi daha karmaşık olabilir. Toplama işleminin sonucu transfer fonksiyonundan geçirilip çıkışa iletilir. Transfer fonksiyonu, nöronun çıkış genliğini istenilen değerler arasında sınırlar. Yaygın olarak, doğrusal, basamak, sigmoid ve hiperbolik tanjant transfer fonksiyonları kullanılmaktadır (17).

Bir nöronun çıkışı $y_i = f(x)$ transfer fonksiyonu sonucunun dış dünyaya veya diğer sınırlara gönderildiği yerdir. Bir nöronun bir tek çıkışı vardır.



Şekil 6. Basit bir nöron modeli.

Çıkış değeri çok sayıda diğer nörona giriş olarak verilebilir. Elde edilen çıkış değeri ile istenen çıkış değeri arasındaki fark belli bir değer üzerinde hata geriye doğru bir önceki katmana yayılarak ağ hatasının karesini minimize etmek için ağırlıkların değerleri değiştirilir. Hata değeri belli bir değerin altına inene kadar iterasyon işlemine devam edilir ve böylece ağı eğitimi aşaması tamamlanmış olur. Katmanlar arasındaki bağlantılardaki ağırlık değerleri eğitimi tamamlanmış ağdan alınarak saklanır. Saklanan ağırlıkların değerleri deneme safhasında kullanılır. Nörondan elde edilen çıkış sistem çıkışı olabileceği gibi ağdaki diğer nöronlarda giriş değeri olarak da kullanılabilir.

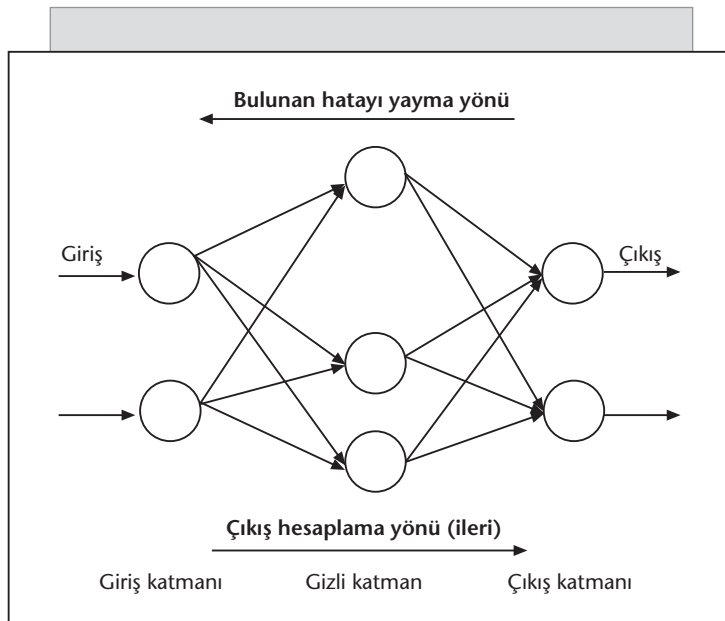
Birçok giriş için bir nöron yeterli değildir. Paralel işlem yapan birden fazla nörona ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle katman kavramı devreye girmektedir. YSA'lar, çok sayıda nöronun birbirleriyle paralel olarak bağlı olduğu yapılardır.

Giriş katmanı; giriş verilerinin ağa sunulduğu katmandır. Bu katmandaki nöron sayısı, değişken sayısına eşittir. Gizli katman; ağı temel işlevini gören katmandır. Bazı uygulamalarda ağda birden fazla gizli katman bulunabilir. Gizli katmanların sayısı ve gizli katmanlardaki nöronların sayısı probleme göre değişmektedir. Gizli katman; giriş katmanından aldığı ağırlıklandırılmış veriyi prob-

leme uygun bir fonksiyonla işleyerek bir sonraki katmana iletir. Bu katmanda gerektiğinden daha az sayıda nöron kullanılması giriş verilerine göre daha az hassas çıkış elde edilmesine neden olur. Benzer şekilde gerektiğinden daha fazla sayıda nöron kullanılması durumunda aynı ağda yeni tip veri gruplarının işlenmesinde zorluklar ortaya çıkmaktadır. Çıkış katmanı; YSA'nın en uç katmanıdır. Gizli katmandan aldığı veriyi ağı kullandığı fonksiyonla işleyerek çıktısını verir. Çıkış katmanındaki nöron sayısı, ağa sunulan her verinin çıkış sayısı kadardır. Bu katmandan elde edilen değerler YSA'nın söz konusu problem için çıkış değerleridir. Bir katmandan bir başka katmana, aradaki katmanı atlayarak geçebilmek mümkün değildir (18).

YSA'lar sinyallerin iletim yönüne bağlı olarak ileri beslemeli ve geri beslemeli şeklinde ikiye ayrılır (Şekil 7). İleri beslemeli ağlarda, sinyal iletimi, bir katmandaki nöronlardan, bir sonraki katmandaki nöronlara doğru yapılır ve aynı katmandaki nöronlar arası bağlantı bulunmaz. Geri beslemeli ağlarda ise, sinyal iletimi iki yönlü (ileri ve geri) olarak da mümkündür ve bir çıkış sinyali, giriş ve çıkış değerlerini dinamik bir şekilde kontrol edebilmektedir.

YSA'nın istenilen davranışı gösterebilmesi için amaca uygun olarak ayarlanması yani eğitilmesi



Şekil 7. Geri beslemeli yapay sinir ağı.

gerekir. Eğitim işlemi hücreler arasında doğru bağlantıların yapılması ve bağlantıların uygun ağırlıklara sahip olması gerektiğini ifade eder. YSA'nın karmaşık yapısı nedeniyle bağlantılar ve ağırlıklar önceden ayarlanamaz. YSA istenen davranışı gösterecek biçimde problemten edindiği eğitim örneklerini kullanarak problemi öğrenmelidir. Belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen YSA, problemdeki değişimlere göre tekrar eğitilebilir. YSA'larda kullanılan çok sayıda öğrenme kuralı vardır. Önemli öğrenme kuralları arasında Hebb kuralı, Hopfield kuralı, delta kuralı, eğimli değişim (Gradient Descent) kuralı ve Kohonen öğrenme kuralı sayılabilir (17).

Ağırlık ayarlama (öğrenme) sürecini bir noktada durdurmak için kullanılacak bazı makul kriterler vardır. Bu tür bir kriteri formüllelemek için hata yüzeyine ait yerel veya genel minimum değerlerden yararlanılmaktadır.

YSA, belirli bir problemi öğrendikten sonra eğitim sırasında hiç karşılaşmadığı test örnekleri için de istenilen tepkiyi üretebilir. Örneğin; karakter tanıma amacıyla eğitilmiş bir YSA, bozuk karakter girişlerinde de doğru karakterleri verebilir ya da bir sistemin eğitilmiş YSA modeli, eğitim sürecinde verilmeyen giriş sinyalleri için de sistemle aynı davranışı gösterebilir.

Örnek Uygulama: YSA: Akut Apandisit Teşhisinde Yararlı Yardım

YSA'nın akut sağ kasık ağrısı bulunan hastaların teşhisindeki rolünü değerlendirmek amacıyla geliştirilen sistemde bir eğitim hastanesinden elde edilen hasta verileri YSA'nın eğitim ve testinde kullanılmıştır. Geri yayımlı YSA kullanılmış ve sistem performansı deneyimli doktorların yaptığı değerlendirmeler ve Alvarado skor ile karşılaştırılmıştır (19).

YSA'da giriş olarak kullanılan hasta verileri şunlardır;

- Semptomlar ve işaretler:
 - En çok acı veren bölge,
 - Anoreksi (evet/hayır),
 - Mide bulantısı (evet/hayır),
 - Kusma (evet/hayır),

- Hassasiyet bölgesi,
- Peritonizm (evet/hayır),
- Ateş.
- Hematolojik değerlendirmeler:
 - Beyaz kan hücresi sayısı ($\times 10^9/L$),
 - Nötrofil sayısı.
- Demografikler:
 - Yaş,
 - Cinsiyet.

Bu çalışmada YSA geri beslemeli algoritma ile eğitilmiştir. Giriş katmanındaki nöron sayısı giriş değişkenlerinin sayısı olan 11'dir. Gizli katmandaki nöron sayısı değişik sayılarda (2-15) nöron içeren farklı ağ tasarımları denenerek deneysel olarak tespit edilmiştir. Çıkış katmanındaki nöron sayısı ise 1'dir. İki teşhis kategorisi için eğer hasta pankreatit ise 1, değilse 0 sonucu üretilmektedir.

Ağın eğitilmesi için ağ ağırlıkları başlangıçta rastgele atanmıştır. Apandisit şüphesiyle ameliyat edilmiş 50 hasta verisi ile eğitim gerçekleştirilmiştir. Bu hastalardan 25 tanesinde apandisit iltihabı olduğu histopatolojik bulgularla daha önceden belirlenmiştir. Ağdaki ağırlıklar, çıkışlar bilinen sonuçlara yaklaşacak şekilde ayarlanıp değiştirilmiştir. Bağlantıların ağırlıkları tüm veri kümesi için ortalama hata karesini azaltacak şekilde ayarlanmıştır.

Eğitim tamamlandıktan sonra, YSA, sağ kasık ağrısı bulunan ve sonuçları bilinen 20 hastaya ait (daha önce kullanılmamış) veriler kullanılarak doğrulanmış ve ağın optimizasyonu yapılmıştır. YSA, apandisit şüphesi bulunan 60 hastanın verisi ile test edilmiştir. YSA sonucu ile birlikte Alvarado skoru ve deneyimli bir cerrahın yaptığı klinik teşhis elde edilmiştir. Sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

Sonuçta YSA tekniği apandisit teşhis edilmesinde faydalı bir araç olduğu gösterilmiştir. Bu nedenle YSA tekniği gereksiz araştırmaları, olumsuz apandisit ameliyatı oranlarını ve potansiyel olarak ortaya çıkabilecek maliyeti azaltabileceği söylenebilir. Akut apandisit teşhisinin daha zor olduğu ve yanlış negatif apandisit ameliyatı oranlarının yüksek olduğu kadın hastalardaki kullanımı daha ileri değerlendirmeler gerektirmektedir.

Tablo 2. Çeşitli yöntemlerin test sonuçlarının karşılaştırılması

Teşhis	Apandisit (doğru pozitif)	Apandisit değil (doğru negatif)
Yapay sinir ağları		
Apandisit +	24	1
Apandisit -	0	35
Alvarado skor ≥ 7		
Apandisit +	22	6
Apandisit -	2	30
Alvarado skor ≥ 6		
Apandisit +	23	10
Apandisit -	1	26
Klinik değerlendirme		
Apandisit +	21	7
Apandisit -	3	29

SONUÇ

YSA ve bulanık mantık gibi yapay zeka yöntemleri, çeşitli tıbbi uygulama alanlarındaki kompleks klinik verilerin doktorlar tarafından analizi, modellenmesi ve anlaşılması için kullanılabilir çok güçlü araçlardır.

Tıpta bulanık mantık yöntemi sağlık hizmetlerinin verimliliğini ve güvenilirliğini artırmak üzere kullanılabilir umut veren fakat henüz tam anlamıyla yararlanılamayan geniş bir alandır. Bulanık mantık yönteminin anlaşılması kolaydır ve yazılım olarak uygulanması da zor değildir. Ancak tıptaki uygulamaları yetersizdir. Karar verme işlemlerinde kullanılabilir bilgisayar uygulamalarına uygun bir algoritma sağlamaktadır. Bulanık mantık sağlık hizmetlerinde kullanılan bazı aygıtların otomatikleştirilmesinde destek sağlayabilir. YSA'lar günümüzde tıbbi teşhis sistemlerini geliştirebilecek güçlü bir araçtır. Tıptaki uygulamaları genellikle otomatik tümör sınıflandırma gibi hastalıkların sınıflandırılması veya hayatta kalma oranları, hastanın belli bir tedaviye verdiği tepkiyi tahmin etme gibi hastalığın sonucunu tahmin etmek şeklindeki problemlerle ilgilenebilir.

Çeşitli klinik problemleri çözüme kapasitesine sahip pek çok farklı yapay zeka tekniği mevcuttur.

Bu tekniklerin pratik düzeydeki başarılarını ölçmek üzere daha çok kontrollü çalışmanın yapılması gerekmektedir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalar tıbbi yapay zekanın sağlık hizmetlerinin verimliliğini artırmak üzere klinik tedavi uzmanlarına yardımcı olmada hayati bir öneme sahip olduğunu göstermektedir. Yapay zeka yöntemlerinin klinik tıptaki potansiyelleri konu ile ilgili yapılmış çok çeşitli alanlardaki binlerce yayından da anlaşılmaktadır. Bu yöntemlerin hastalıkların araştırılması ve tedavisindeki gücü heyecan uyandırmaktadır.

KAYNAKLAR

1. McCarthy J. *What is artificial intelligence?* Computer Science Department, Stanford University. Available from: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai.pdf>
2. Nahiye VV. *Yapay Zeka*. Ankara: Seçkin Yayınları, 2003.
3. Babalık A, Güler İ. Boğaz Enfeksiyonlarının Teşhis ve Tedavisinde Uzman Sistem Kullanımı. Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Teknik-Online Dergi 2007;6:2.
4. Begley RJ, Riege M, Rosenblum J, Tseng D. Adding intelligence to medical devices. *Medical Device & Diagnostic Industry Magazine* 2000;3:150.
5. *Industrial application of fuzzy logic control*. Available from: <http://www.fuzzytech.com/>
6. Elmas Ç. *Bulanık mantık denetleyiciler*. Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2003.
7. *Fuzzy Logic Toolbox*, MATLAB. Available from: <http://www.mathworks.com/products/fuzzylogic/>
8. Phuong NH, Kreinovich V. Fuzzy logic and its applications in medicine. *Int J Med Informatics* 2001;62:165-73.
9. Torres A, Nieto JJ. Fuzzy logic in medicine and bioinformatics. *J Biomed Biotechnology* 2006;1-7.
10. Abbod MF, von Keyserlingk DG, Linkens DA, Mahfouf M. Survey of utilisation of fuzzy technology in medicine and healthcare. *Fuzzy Sets and Systems* 2001;120:331-49.
11. Schuh C, Hiesmayr M, Adlassnig KP. FuzzyKBWean: A fuzzy control system for weaning from artificial ventilation, *Workshop on Fuzzy Diagnostic and Therapeutic Decision Support*, 2000.
12. Schuh C. Managing uncertainty with fuzzy-automata and control in an intensive care environment. In: Castillo O, et al., (eds). *Theor. Adv. and Appl. of Fuzzy Logic*, ASC 42. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2007:263-71.
13. Schuh C, Koller W, Zelenka C, Kolb M, Hiesmayr M, Adlassnig KP. Knowledge acquisition for crisp- and fuzzy-controlled weaning in intensive care units, *Proceedings of the*

- World Automation Congress-WAC 2000. Albuquerque: TSI Press; 2000:583-8.*
14. Haykin S. *Neural networks: A comprehensive foundation.* New York: Macmillan College Publishing Company Inc, 1994.
 15. Güler İ, Übeyli ED, Çok katmanlı perseptron sinir ağları ile diyabet hastalığının teşhisi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergi* 2006;21:319-26.
 16. Etikan İ, Elbozan Cumurcu B, Çam Çelikel F, Erkorkmaz Ü, *Yapay sinir ağları yöntemi ve bu yöntem kullanılarak psikiyatrik tanıların sınıflanması. Tıp Bilimleri Dergisi* 2009;29:2.
 17. Elmas Ç. *Yapay Sinir Ağları.* Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2003.
 18. Çetin M, Uğur A, Bayzan Ş. İleri beslemeli yapay sinir ağlarında backpropagation (geriye yayılım) algoritmasının sezgisel yaklaşımı. *Akademik Bilişim Kongresi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Şubat 2006.*
 19. Prabhudesai SG, Gould S, Rekhraj S, Tekkis PP, Glazer G, Ziprin P. *Artificial neural networks: Useful aid in diagnosing acute appendicitis. World J Surg* 2008;32:305-9.

Yazışma Adresi/Address for Correspondence

Araş. Gör. Ayşe DEMİRHAN

Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Ankara-Türkiye

E-posta: ayseoguz@gazi.edu.tr

