

# Tıpta Yapay Zeka ve Uzman Sistemler

Uğur BİLGE<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Biyoistatistik ve Tıp Bilişimi AD, Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi, Antalya

## Artificial Intelligence and Expert Systems in Medicine

### Abstract

*Artificial Intelligence (AI) is a multidisciplinary field that aims to realise human attributes such as learning, recognition and problem solving on computers. In this study, the historic development of AI, Expert Systems, their use in Medicine, in particular MYCIN are explained, the results of a PubMed literature search on Artificial Intelligence, Expert Systems, Neural Networks, Fuzzy Logic and Genetic Algorithms are presented.*

### Key Words

Artificial Intelligence, Expert Systems, Neural Networks, Fuzzy Logic, Genetic Algorithm

### Özet

*Yapay Zeka (YZ) insanın zeka olarak tanımlanan öğrenme, algılama ve problem çözme gibi özelliklerini bilgisayar ortamında gerçekleştirmeye çalışan, çok-disiplinli bir bilişim alanıdır. Bu bildiride, YZ'nin tarihsel gelişimi, Uzman Sistemler tıp alanındaki uygulamaları, özellikle de MYCIN hakkında bilgi verilmiştir. Yapay Zeka, Uzman Sistemler, Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık ve Genetik Algoritma uygulamaları ile ilgili PubMed'de yapılan bir literatür taramasının sonuçları sunulmuştur.*

### Anahtar Kelimeler

Yapay Zeka, Uzman Sistemler, Yapay Sinir Ağları, Bulanık Mantık, Genetik Algoritma

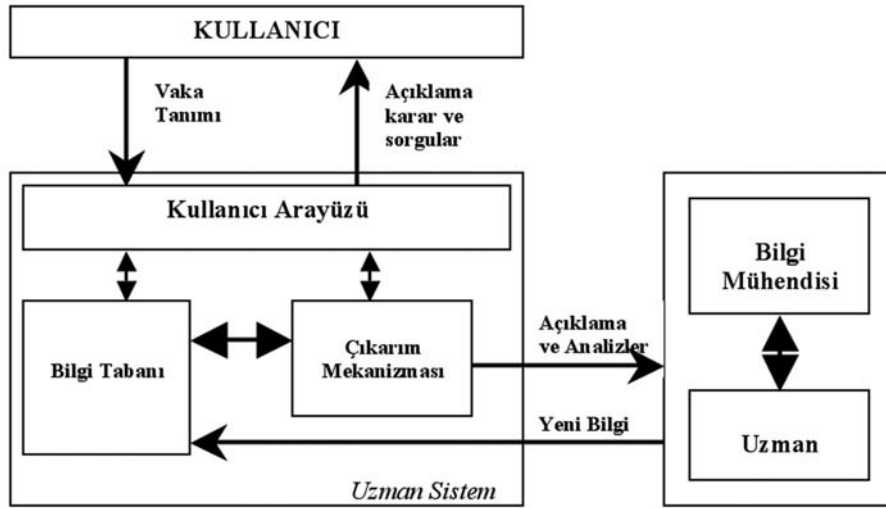
## 1. Yapay Zeka

Yapay Zekanın (YZ) tarihi Aristoteles'e kadar dayandırılabilir; ondan kalan belgelerde onun düşüncenin algoritmasını yazmaya çalıştığını, ama bu konudaki zorluklara değindiği bildirilir. YZ'nin gerçek anlamda ortaya çıkması ise 2. Dünya savaşı sırasında ilk bilgisayarların yapılması ile bilgisayar yazılımının başlamasına dayanır. Bilgisayar yazılımının babası olarak da bilinen Alan Turing makine zekası fikrini ortaya atmış, hatta düşünsel planda neyin zeki olarak tanımlanabileceğini bugün Turing Testi [1] olarak da bilinen bir test aracılığıyla saptanabileceğini ileri sürmüştür. Bu teste göre bir bilgisayar ile bir klavye ve ekran aracılığıyla konuşulduğunda, eğer bilgisayar insanmış gibi yanıtlar verebiliyorsa onu "zeki" saymak durumundayız. Günümüzde bilgisayarlar henüz bu testi geçememiştir [2]. Ama gelecekte bu performansı gösterecekler bile onların gerçekten zeki olup olmadıkları felsefi anlamda tartışılmaya devam edecektir. Bu nedenle YZ ortaya çıkışından beri felsefe, psikoloji, dilbilim, nöroloji, matematik, robot ve bilgisayar teknolojileri gibi alanları yakından ilgilendiren multidisipliner bir alan olmuştur.

"Yapay Zeka" terimi ilk kez 1956 yılında ABD'de bir Makine Zekası konferansında Minsky ve McCarthy tarafından kullanılmış [3] ve o günden bu yana özellikle bilgisayar donanım ve yazılımı, robotlarda görme, tanıma, örüntü ve konuşma algılama, öğrenme, bilişsel modelleme, bilgiye erişim, bilgi arama, oyun teorisi, gibi uygulamalarda kullanılmış binlerce akademik yayın, araştırma projesi ve doktora çalışmasına sahne olmuştur.

## 2. Uzman Sistemler

Yapay zekanın en önemli uygulama alanı Uzman Sistemler (US) olmuştur. Uzman sistemler bir uzmanın uzmanlık bilgisini bilgisayar ortamında gerçekleştirmeyi amaçlayan bilgisayar programlarıdır. Mimari olarak uzman sistemleri diğer karar destek sistemlerinden ayıran en önemli özellik US'lerdeki "Bilgi Tabanı" ve çıkarım mekanizmasıdır (Şekil 1)[4], ayrıca US sorgulandığında ileri zincirleme ve geri zincirleme denilen yöntemlerle açıklamalar yapabilmektedir. Birçok uzman sistem, yapay zeka programlama dilleri olan LISP ve PROLOG ile geliştirilmiştir. Geleneksel programlama dillerindeki algoritma ve veri yapısına karşın yapay zeka dilleri tanımlayıcı ve sembolik kurallar, ilişkilerden oluşan bilgi tabanı ve çıkarım mekanizması ile çalışırlar. Geleneksel programlama dillerine karşın YZ dilleri kesin olmayan veri ile çalışabilir kesin olmayan çıktılar sunabilirler. Günümüzde Pascal, C, C++ gibi geleneksel dillerde de US geliştirilebilmektedir. US geliştirme sürecinde en az bir uzman ve bir bilgi mühendisinin işbirliğine gerek vardır. Sistem çalıştığında verilen hipotezleri test edip açıklayabildiği gibi, kendisi de yeni öneriler ileri sürebilmektedir.



Şekil-1. Uzman Sistemlerin Genel Yapısı

Uzman sistemler tıpta tanı yapma ve tedavi planlamada, eğitim alanında problem çözmede, endüstride planlama ve veri analizinde, otomasyonda, bilgisayar sistemlerinde ara yüzlerde, hata ayıklamada kullanılmaktadır [3].

Uzman sistemlerin güçlü yanları: (i) uzmanlığı yaygınlaştırmaları, (ii) maliyeti azaltmaları, (iii) kaliteyi arttırmaları, (iv) mantıksal neden-sonuç ilişkilerine dayanmaları, (v) belirsiz veri ve kurallarla çalışabilmeleri, (vi) sorgulandığında açıklama yapabilmeleri, (vii) öneri üretebilmeleri (viii) güvenilir olmaları, (ix) eğitimde kullanılabilmesi, ve (x) kurumsal bilgi depolayabilmeleri.

Uzman sistem geliştirmedeki engeller ve US'in zayıf yanları: (i) yeterli uzmanlık bilgisinin olmayışı, (ii) uzmanlardan bilgi edinmenin zorluğu, (iii) uzmanların kendilerinin de neden-sonuç ilişkilerini bilmemeleri, (iv) aynı konuda uzmanlar arasındaki fikir ve terminoloji ayrılıkları, (v) uzman sistemlerin öğrenerek kendilerini yenileyememeleri, (vi) uzmanlar yaratıcı olabilirken uzman sistemlerin statik ve sınırlı kalmaları, ve (vii) geliştirme maliyetinin yüksekliği.

Japonya'da 5. Nesil Bilgisayarlar Projesi olarak da bilinen 1980'li yıllara imzasını atan süreçte yüzlerce US geliştirilmiştir. US'ler dar çerçeveli bazı uzmanlık alanlarında kısmi başarı sağladı, ama robotlarda görme, el yazısı okuma, yüz tanıma, konuşmayı algılama ve anlama gibi görevleri yapmakta yetersiz kaldılar. 1980'li yılların sonunda 5. Nesil Bilgisayarlar Projesi büyük bir hayal kırıklığıyla sonlandı.

### 3. Tıpta Uzman Sistemler

Tıp alanında uzmanlığın yaygınlaştırılması tıpta US geliştirilmesinde en önemli nedenlerden biri olmuştur. 1970’li yıllarda MYCIN Stanford Üniversitesinde bakteriyel enfeksiyon hastalıkları ve özellikle menenjit tanı ve tedavisi için geliştirilmiş [3-5] ilk medikal US olup, US’ler arasında en çok bilinenidir. Sistemin geliştirilmesindeki bir neden de aşırı antibiyotik kullanımının azaltmasıdır. MYCIN girdi olarak hasta kayıt bilgilerini, laboratuvar sonuçlarını ve semptom sorgularını alır, tanı koyma, reçete yazma ve tedavi planlama işlevlerini yapar. Sistem 400 ile 700 arasında kuraldan oluşmuştur. Aşağıda iki MYCIN kuralı örnek olarak verilmiştir.

*MYCIN Kural 035:* EĞER organizma 1) gram negatif ise, ve 2) morfolojisi basil ise, ve 3) anaerobik ise O ZAMAN organizma yeterli kanıt (0.6) ile BAKTERIOID dir.

*MYCIN Kural 037:* EĞER organizma 1) gram pozitif ise, ve 2) kok şeklinde ise, ve 3) zincirler şeklinde büyüyorsa O ZAMAN organizma yeterli kanıt (0.7) ile STREPTOCOCCUS dur.

Sistem kullanıcı ile doğal dilde (İngilizce) etkileşimli olarak çalışabilmekte, gerektiğinde açıklama yapabilmektedir. MYCIN bir tanıya varırken tüm kuralları deneyip uygun bir kural bulursa onu kullanıcıya sunar. Ayrıca bir tanıyı açıklamak için geriye zincirleme yaparak hangi kuralları kullanarak o sonuca vardığını açıklar. Sisteme neden bir kuralı kullanmadığı sorulduğunda onu da aynı şekilde açıklayabilmektedir. MYCIN ile Türkçeleştirilmiş bir konsültasyon çalışması [4] Şekil-2’deki diyalogla gösterilebilir:

MYCIN: Hasta Adı Soyadı?  
Fred Braun  
MYCIN: Cinsiyeti?  
Erkek  
MYCIN: Yaşı?  
55  
MYCIN: Hasta Fred Braun’dan alınmış,hastalığı ile ilgili mikrobiyoloji laboratuvarında yetiştirilmiş kültürler var mı?  
Evet, Kültür-1  
MYCIN: Kültür-1 nereden alınmış?  
Kan  
MYCIN: Lütfen Kültür-1’in alındığı zamanı veriniz (gün/ay/yıl)  
20 Haziran 1970  
MYCIN: Kültür-1’den alınan organizmanın adı Organizma-1  
MYCIN: Organizma-1’in laboratuvar raporundaki adını giriniz?  
Bilinmiyor  
MYCIN: Organizma-1’in Gram veya Ziehl-Nielsen asit boyanması?  
NEGATİF  
MYCIN: Organizma-1 basil mi yoksa kok mu?  
ROD  
...  
MYCIN: Fred Braun yanık hastası mı?  
Hayır  
MYCIN: Fred Braun riskli bir hasta mı (alkolik, orak hücreli anemi veya bağışıklık sistemi baskılanmış)?  
Hayır  
MYCIN: Fred Braun’un ateşi var mı?  
Evet  
... yaklaşık 50-60 soru ve yanıt sonunda....  
MYCIN: Benim tedavi reçetem aşağıdaki olası enfeksiyonları ve organizmaları kapsayacaktır:  
MYCIN: ENFEKSİYON-1 BACTEREMIA  
<ITEM-1> E.COLI [ORGANİZMA-1]  
<ITEM-2> KLEBSIELLA[ORGANİZMA-1]  
<ITEM-3> ENTEROBACTE[ORGANİZMA-1]  
<ITEM-4> KLEBSIELLA-PNÖMONİ[ORGANİZMA-1]  
MYCIN: Reçete REC-1: yukarıdaki 4 bulguyu kapsar: GENTAMICIN ver, dozaj: 119 mg (0.6ml) 8 saatte bir IV 10 gün (1.7 mg/kg dan hesaplandı), böbrek yetmezliği varsa dozu değiştir.

Şekil-2. MYCIN ile bir konsültasyon örneği

MYCIN uzman hekimle karşılaştırıldığında bakteriyemi ve menenjit tedavisinde daha başarılı olduğu gözlenmiş, anlatılan tüm özelliklerine rağmen hiçbir zaman gerçek uygulamaya konulmamıştır. Buna neden olarak etik sorunlar, örneğin - hata yapılırsa bundan kimin sorumlu olacağı gibi – nedenler rol oynamıştır.

Özetle tıp alanında bilinen diğer Uzman Sistemler [3]: **CASNET** - Glokom göz hastalığının tanısı için hazırlanmıştır. Hastalıklar sebepler ve sonuçlar ağı şeklinde tanımlanmış. Sistem uzman hekime yakın bir performans göstermiştir. **IRIS** - Glokomlu hastalar için danışmanlık sistemi olarak geliştirilmiştir. **PUFF** - Akciğer hastalıkları tanısı, **PIP** -Böbrek hastalıklarının tanısı için geliştirilmiş sistemlerdir. **Digitalis Therapy Advisor** - Diyaliz uygulamalarında kullanılmış, **EXPERT** - 1980’de tıpta uzman sistemler geliştirmek üzere bir kabuk (shell) olarak geliştirilmiştir. 1000-7000 kural içeren bu sistem romatoloji, oftalmoloji ve endokrinoloji alanlarını kapsamıştır. FORTRAN programlama dili ile yazılmış bu sistemin AIDS tanısı yapan modülü 82 kural kullanmaktadır. **OBEZBOLIVANIYE (ANASTHESIA)** adlı uzman sistem bu kabuktan yararlanarak geliştirilmiş olup anestezi metodunu seçmekte uzmana yardım etmekte kullanılmıştır. **LEDI-2** - yoğun bakımda olan hastayla ilgili kararlara destek için geliştirilmiştir. Böbrek, karaciğer, kalp-damar sistemi gibi modüllerden oluşur. Her modül kendi içinde hastalığın seyri ile ilgili somut tanımlara bölünmüş, 57 tıp belirtisini içeren 30 prosedür vardır. Sistem tıp öğrencilerini eğitmek için hastalıkların tarihçesinin de kaydedildiği bir rehber olarak kullanılabilir. **UMDES** - Ülser hastalığının tanı ve bakımı için geliştirilmiş. 92 hasta üzerinde test edilmiş, başarılı bir sistemdir. **JOSEPH** - (1986) Tıp fakültesi 4üncü sınıf öğrencilerine EKG okumayı öğretmek için geliştirilmiş, menü ve grafikler kullanarak klinik bir vaka sunabilmektedir. Turbo Pascal ve DOS ortamında hazırlanmış, 1997 de Windows ortamına taşınmıştır. **ONCO-HELP** - kişisel tümörlerin tanı tedavisi için tasarlanmış, çoklu ortamı kullanan, histolojik veriler, tümör tipi, metastaz türü, yeri, sayısı ile tanı koyup tedavi sürecindeki gelişmeler ve yan etkileri de izleyebilmektedir. **PHARM-2** - İlaç tedavisinde karar destek amacıyla geliştirilmiş olup ilaç sayısının azaltılması, etkileşimlerin uyarılması gibi fonksiyonları vardır. **QUAWDS** - Yürüme analizi yaparak felç, kas kusurları gibi olguları açıklar. LISP ile geliştirilmiş, daha sonra C++ a dönüştürülmüştür. **XDIS** - Hekimlere tanı koyma sürecinde yardımcı olan bir sistem olup 300 dahili hastalık ve patolojik belirtiler hakkında bilgi içermektedir. Hasta ilk geldiğinde veya uzakta ise yararlı olabilecek bir sistemdir. **SETH** - 1992’de Fransa’da uyuşturucu ilaç zehirlenmelerinde 1153 maddeyi 78 kategoriye bölerek kaydetmiş. 1994’e geldiğinde 2099 zehirlenme olayı sisteme eklenmiştir.

#### 4. Yapay Zekada Modern Yaklaşımlar

Beşinci Nesil Projesinin genel amaçlı bilişim ve robotlar alanlarında başarısız olmasından sonra bazen “yumuşak hesaplama” (soft computing) diye de adlandırılan çoğunlukla biyolojiden esinlenen, bilgisayar paradigmaları gündeme geldi. Bunların başında gelen Yapay Sinir Ağları daha bilgisayarların ilk yapıldığı yıllarda gündeme gelmiş [6], ama Minsky ve Papert’in yayımladığı bir makalede [7] basit, lineer sınıflandırma fonksiyonu dışında bir işe yaramayacakları iddiasıyla pek kullanılmamışlardı. O yüzden bugün kullandığımız bilgisayar donanımları Von Neumann mimarisi denilen İşlemci + Bellek (Program ve Veri belleği) prensibine dayanmakta ve biyolojik beyinlerden oldukça farklı bir yapı göstermektedir. Yıllar sonra, 1980’li yıllarda YSA ile her türlü sınıflandırma probleminin çözülebildiğini göstermesi [8] ile YSA araştırmaları yeniden hız kazandı [9-15]. YSA’lar birçok alanda olduğu gibi tıp alanında özellikle araştırmalarda yaygın bir şekilde kullanıldı. Tıpta YSA çoklukla kanser tarama ve tanısında, çok değişkenli veri analizinde ve EKG ve EEG gibi zaman serisi analizinde kullanılmaktadır. YSA’nın US’e en üstün tarafı önceden hazırlanmış bir kural tabanı veya matematiksel modele gereksinim göstermemesidir. Ayrıca lineer veya lineer olmayan şekilde öğrenebilmesi ve bir uzman gibi yüksek bir duyarlılıkla karar verebilmesidir. Belki de YSA’nın en çok eleştirilen yanı girdi çıktı ilişkilendirmesini bir “kara kutu” (black box) denilen bir şekilde yapmasıdır. YSA birçok problemde insan uzmanlardan daha doğru kararlar verebilmekte, ama sorgulandığında bir US açıklığında yanıtlar alınamamaktadır. YSA’nın diğer bir sorunu da kullanımının uzmanlık seviyesinde bir deneyim gerektirmesidir. Bu durum YSA’nın tıp uygulamalarında daha yaygın bir şekilde kullanılmasını engellemiştir.

Bulanık Mantık [16-19] ise sembolik mantığın kesin olmayan veri ve sonuçlarla çalışmada ortaya çıkan zorlukları yenmek için doğru-yanlış ikileminden çıkıp değişen gri seviyelerini kullanan bir mantık sistemidir. İnsan dili ile ifade edilebilecek göreceli ifadeleri bir mantık sistemi içerisinde işleme özelliğine sahiptir. Son yıllarda Bulanık Mantık bir YZ tekniği olarak Tıp uygulamalarında da artarak kullanılmaktadır.

Genetik Algoritma [20, 21] ise 1970’li yıllarda bir arama ve optimizasyon tekniği olarak ileri sürüldü. Doğal evrim prensibini bilgisayar ortamında kullanan bu teknik ile random hipotezlerden başlayarak çaprazlama, mutasyon işlemleri, ve en başarılı hipotezlerin seçimi ile veriyi en iyi açıklayan kuralları bulmak olasıdır. Biz de Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Biyoistatistik ve Tıp Bilişimi AD’da tıpta tanı ve öngörü amacıyla genetik algoritma ile yaptığımız çalışmalara devam etmekteyiz [22, 23].

## 5. PubMed’de Yapay Zeka

Tıpta Yapay Zeka kullanımı ve yıllara göre değişen yayın sayıları hakkında bir fikir edinebilmek için PubMed’te bir dizi arama yaptık. Bir MeSH veritabanı terimi Artificial Intelligence (Yapay Zeka) ve onun alt kategorileri olan Expert Systems (Uzman Sistemler), Fuzzy Logic (Bulanık Mantık), ve Neural Networks (Yapay Sinir Ağları) anahtar kelimelerini kullanarak her yılki yayın sayılarını bulduk. “Genetic Algorithm” (Genetik Algoritma) bir MeSH terimi olmadığı halde önemli olduğu için araştırmamıza ekledik. Tablo 1. de 1985’ten bu yana bu alanlarda PubMed tarafından indekslenen yayın sayıları sunulmuştur.

*Tablo-1. Yıllara göre PubMed’de indekslenen yayın sayıları*

Yıl	Yapay Zeka	Uzman Sistemler	Yapay Sinir Ağları	Bulanık Mantık	Genetik Algoritma
1985	58	31	14	2	-
1986	151	46	18	1	-
1987	185	111	23	-	-
1988	209	126	32	1	-
1989	288	188	47	1	1
1990	367	208	73	2	2
1991	448	202	116	2	-
1992	430	154	203	14	3
1993	605	164	327	24	9
1994	720	211	391	38	9
1995	894	215	465	66	29
1996	842	181	574	59	38
1997	966	195	581	79	51
1998	1002	133	636	72	49
1999	1042	128	725	76	56
2000	1227	127	778	84	68
2001	1322	112	878	143	83
2002	1425	110	855	114	97
2003	1766	102	1029	137	99
2004	2696	114	1381	178	156
2005	3544	114	1439	189	210
2006	3637	141	1413	236	223
2007 (Ocak - Ekim)	1994	81	906	129	184
<b>Toplam</b>	<b>25818</b>	<b>3194</b>	<b>12904</b>	<b>1647</b>	<b>1367</b>



## 6. Tartışma ve Sonuç

Yapay zeka, evrimine devam etmekte, tıpta YZ zeka uygulamaları her yıl artarak kullanılmaktadır. 1970’li yıllarda MYCIN’in çalışma yöntemi hekim ile bilgisayarın diyalogu şeklinde gerçekleşmekteydi. Bilgisayarlar o yıllardan bu yana oldukça gelişti, günümüzde modern hastane bilgi sistemleri, veri ambarları, hızlı bilgisayar ağları diyalog şeklinde arayüzlere gerek bırakmamaktadır. Bilgisayarda tüm hasta verisine anında erişimin sağlandığı bir ortamda arka planda çalışan US’lerin hekime istediği anda öneriler sunması bugünkü teknoloji ile kolaylıkla gerçekleştirilebilir. Tüm tanı ve tedavi kararlarının US’e bırakma kararı ise beraberinde hatalardan kimin sorumlu olacağı sorusunu getirdiği için hala yanıtız kalmaktadır.

Tablo-1’de görüldüğü gibi US alanının 1992’ye kadarki yayın sayısındaki üstünlüğü bu tarihte YSA tarafından ele geçirilmiş ve bu günümüze kadar da böyle devam etmiştir. Son yıllarda bulanık mantık ve genetik algoritma alanlarındaki yayınlar da US’deki yıllık yayın sayılarını aşmıştır. Her ne kadar US yaklaşımı neden-sonuç ilişkilerini açık bir şekilde ortaya koyduğu için tercih edilse de US’in tarihsel zayıflıkları ancak güncel yaklaşımlarla giderilebilir. Günümüzde US’in zayıf taraflarını yapay Sinir Ağları, bulanık mantık ve genetik algoritmalarla tamamlayan karma sistemlere gereksinim vardır.

## 7. Kaynakça

- [1] Turing A. , Mind vol. LIX, no. 236, October 1950, pp. 433-460. Online version: <http://www.abelard.org/turpap/turpap.htm> 31.09.2007
- [2] [http://en.wikipedia.org/wiki/Turing\\_test](http://en.wikipedia.org/wiki/Turing_test) 31.09.2007
- [3] Allahverdi N. Uzman Sistemler, bir yapay zeka uygulaması, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul 2002
- [4] Buchanan BG and Shortliffe EH, Ed by. Rule-Based Expert Systems: The MYCIN Experiments of the Stanford Heuristic Programming Project, AAAI Pres, <http://www.aaai.org/Classic/Buchanan/buchanan.html> 31.09.2007
- [5] Szolovits P. Artificial Intelligence in Medicine, ed AAAS Selected Symposia Series, Volume 51, 1982, <http://groups.csail.mit.edu/medg/ftp/psz/AIM82/ch0.html> 31.09.2007
- [6] McCullough W and Pitts W. A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity, Bulletin of Mathematical Biophysics 5, 115-133, 1943
- [7] Minsky M and Papert S. Perceptron, MIT Press, Cambridge 1969
- [8] Rumelhart DE and McClelland JL. Parallel Distributed Processing: Explorations in the microstructure of cognition. Vol I and II, MIT Press, Cambridge 1986
- [9] Hebb D. The Organization of Behaviour, Wiley, New York 1949
- [10] Hopfield JJ. Neural Networks and Physical Systems with Emergent Collective Computational Abilities, Proc. of the National Academy of Sciences in the USA, 79, 2554-2558, 1982
- [11] Kohonen T. Self-Organization and Associative Memory, Springer-Verlag Inc, Berlin 1984
- [12] Kohonen T and Makisara K. The Self-Organizing Feature Maps, Physica Scripta, vol. 39, pp. 168-172, 1989
- [13] Lippmann RP. An Introduction to Computing with Neural Nets, IEEE ASSP Magazine, pp. 4-22, April 1987
- [14] Bilge U and Franca F. Computing with Neural Networks, International Industrial Biotechnology, vol. 9, no. 4, pp. 17-19, 1989
- [15] Bilge U. Analysis, Representation and Mapping of Neural Networks onto Parallel Hardware, PhD Thesis, London University 1993
- [16] Zadeh LA. Fuzzy sets. Information and Control vol. 8 (3), pp. 338-353, 1965
- [17] Zadeh LA. Fuzzy Logic IEEE Computer pp. 83-93, April 1988
- [18] Zadeh LA. Fuzzy Logic, Neural Networks, and Soft Computing, Comm. ACM 37(3): 77-84, 1994
- [19] Kosko B. Fuzzy thinking: the new science of fuzzy logic. New York: Hyperion, 1993
- [20] Holland J. Adaptation in Natural and Artificial Systems, University of Michigan Press, 1975
- [21] Goldberg DE. Genetic Algorithms in Search Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley, 1989
- [22] Bozcuk H, Bilge U, Koyuncu E, Gülkesen KH. An application of Genetic Algorithm in conjunction with other data mining methods for estimating outcome after hospitalization in cancer patients, Medical Science Monitor, 2004, 10(6), CR246-251
- [23] Gülkesen KH, Bilge U, Köksal IT, Saka O. Use of Genetic Algorithm for Prediction of Prostate Cancer, HIBIT 07, International Symposium of Health Informatics and Bioinformatics, April 2007

## 8. Sorumlu Yazarın Adresi

Yrd. Doç. Dr. Uğur Bilge, Biyoistatistik ve Tıp Bilişimi AD, Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi, Antalya.  
E-posta: [ubilge@akdeniz.edu.tr](mailto:ubilge@akdeniz.edu.tr)