V. KISIM - PART V

İNSAN MAKİNE ETKİLEŞİMİ

HUMAN MACHINE INTERACTION

33. BÖLÜM / CHAPTER 33

TIPTA YAPAY ZEKA UYGULAMALARI - ANTİK ÇAĞDAN YAPAY ZEKAYA TEŞHİS VE TEDAVİ YÖNTEMLERİNİN GELİŞİM SÜRECİNDE KLİNİK KARAR DESTEK SİSTEMLERİNİN EVİRİMİNE GENEL BAKIŞ

ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATIONS IN MEDICINE – AN OVERVIEW OF THE EVOLUTION OF CLINICAL DECISION SUPPORT SYSTEMS IN THE DEVELOPMENT PROCESS OF DIAGNOSTIC AND TREATMENT METHODS FROM ANTIQUITY TO ARTIFICIAL INTELLIGENCE

İnci ZAIM GÖKBAY*

*Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Üniversitesi, Enformatik Bölümü, İstanbul, Türkiye

E-mail: inci.gokbay@istanbul.edu.tr

DOI: 10.26650/B/ET07.2021.003.33

ÖZ

Günümüzde hayat kolaylaştıran bir çok uygulamanın temelinde merak dolu arayışlar, daha üstün bir ırk haline gelebilmek için duyulan heyecan, durmak bilmeksizin hissedilen mükemmellik arzusu yatmaktadır. Tüm hayallere dayalı arayışlar gibi yapay zeka olarak andığımız popüler ve neredeyse hayatımızın tümünü kaplayan insan yeteneklerini barındıran makineler de tarih boyunca pek çok öyküde, resimde, heykelde betimlenmiştir. Tarih, Homeros'un İlyada'sından Aristoteles'in Politika adlı kitabına, Leonardo Da Vinci'nin eserlerinden, Frederic Vidoni'nin Anas makinesine uzanan, adım adım hayalin gerçeğe dönüşmesini izlemiştir. Aristoteles'in de Politika'da ifade ettiği üzere esasında her insanın en büyük hayali elinde tuttuğu tüm aletlerin ya emriyle ya da ihtiyaç halinde kendi işini yapan bir zekaya sahip olmasıdır. Yapay zekanın günümüzdeki hale gelmesi hatta birkaç yıl sonra geleceği aktif durum aynı insanlığın ilk olarak 2,5 milyon yıl önce Doğu Afrika'da Australopithecus'dan evrimleşmesi gibi uzun bir yolculuktur. Yaşam koşullarının itmesiyle arkaik erkek ve kadınların anavatanlarını terk ederek farklı bölgelere göç etmesi ve göç edilen bölgede verilen hayatta kalma savaşının sonucu olarak yaşanan evrim, artık koşulların değişmesiyle HomoSapiens olarak anılan insanlığın yeni bir cinse evrimini mi işaret

etmektedir? Bu konuda birçok tartışma yapılırken multidisipliner olarak birçok alan ayrıklı ya da bütün halinde bu sürecin analizine ve bu evrilmenin yaşanmasına hizmet etmektedir. Bu bölümde ilk olarak asıl zekanın yapay zekayı üretmek, gücün tanımını nasıl değiştirdiği kısaca özetlenecektir. Ardından teknolojik gelişim sürecinin tıbbi alanda yaptığı katkılar incelenecektir. Son olarak yapay zekanın tıbbi alanda sunduğu imkanlarla ilişkili güncel çalışmalara yer verilecektir.

Anahtar Kelimeler: Yapay zeka ve gelişim süreci, tıpta teknolojik gelişimler, tıpta yapay zeka, akıllı tıbbi sistemler

ABSTRACT

Today, the pursuit of curiosity, the excitement to become a superior race, and the desire for perfection without stopping are the foundations of many applications that make our lives easier. Like all imaginative pursuits, machines that are popular and artificial human skills that cover almost all our lives have been depicted in many stories, paintings, and sculptures throughout history. History followed the step-by-step dream come true from Homer's Iliad to Aristotle's Politics, from Leonardo Da Vinci's works to Frederic Vidoni's Anas machine. As Aristotle expresses in Politics, the biggest dream of every human being is that all the tools that he holds in his hands either have an intelligence that performs his own work either by order or in case of need. The fact that artificial intelligence has become today, and that it will become active a few years later, a long journey like the first humanity evolved from Australopithecus 2.5 million years ago in East Africa. Does the evolution of the archaic men and women leaving their homeland and migrating to different regions with the push of living conditions and the war of survival in the migrated region indicate the evolution of humankind, called Homo Sapiens, with the change of conditions. Although there are many discussions on this matter, many multidisciplinary fields serve to analyze this process in separate or whole and to experience this evolution. This section, first, briefly summarizes how the real intelligence changes the definition of power by producing artificial intelligence. Then, it examines the contributions of the technological development process in the medical field. Finally, it discusses the current studies demonstrating the opportunities offered by artificial intelligence in the medical field.

Keywords: Artificial intelligence and development process, technological developments in medicine, artificial intelligence in medicine, smart medical systems

1. Tıp Gelişim Tarihi: Antik Çağ

Antik Dönem, M.Ö. 10.000 ila 5.500'lü yılları kapsayan, her ne kadar doğrudan bilgi sahibi olunmasa da yapılan kazı çalışmalarından elde edilen bilgiler ışığında insanların klanlar halinde yaşadıkları dönemi ifade etmektedir. Kazılardan elde edilen bilgiler o dönemde sosyolojik ve çevresel koşulların altında klanların varlıklarını sürdürmeleri için duydukları arzu, topluluğu oluşturan bireylerde ortaya çıkan hastalıkların tedavi yöntemini oluşturmuştur. Örneğin dinsel öğelerin önemli olduğu klanlarda tedavi büyüyle, avcı-toplayıcı topluluklarda cerrahiyle, tarımla uğraşan topluluklarda ise şifalı otlar, bitkilerle yapılan tedaviye yönelik bulgular elde edilir. O dönemde gerçekleşen hastalıklara ilişkin önemli bulgular kemiklerden elde edilmektedir. Kalıntılardan elde edilen bilgiler ışığında osteoartrit ve tüberküloza ilişkin kesin bilgiler bulunmaktadır. Bilinen en eski cerrahi müdahale, 1860'lı yıllarda Amerikalı bir diplomat olan E.G. Squier'in Peru Cuzco'ya yaptığı bir ziyaret sırasında tesadüfen karşılaştığı

Yuca Vadisi’ndeki antik bir İnka mezarlığında keşfedilen kafatasıyla ortaya çıkmıştır (Margarayan, 2020). Üst ön kısmında büyük, dikdörtgen şeklinde bir delik taşıdığı gözlenen Kolomb öncesi döneme ait kafa tasında günümüz ifadesiyle kraniyotomi yani trepanasyon (Yunanca kökenli: delgi) yapıldığı belirlenmiştir. Yeni Gine, Yeni Kaledonya, Peru, Dağıstan ve Ceza-yir gibi dünyanın farklı bölgelerinde bulunan trepane edilmiş kafataslarına ilişkin uzmanlar tarafından pek çok açıklama getirilmeye çalışılmıştır. Aristo’dan başlayan Batı düşüncesinde de sıklıkla karşılaşılan ruh ve beden ayırımına dayanan, animist, görüşten kaynaklandığına ilişkin fikir birliğine varılmıştır.

Dönemin tıbbi yaklaşımlarına yönelik yapılan yorumlardan Mısırlıların dinsel ihtiyaçları nedeniyle mumyalama işlemlerinde çok ilerlediği, bu nedenle Mısır tıbbının niteliğinin faydacı ve deneysel olduğu söylenmektedir (Yavi and Yavi 1996) . Mezopotamya tıbbında ise dinsel uygulamalar ve doğaüstü varlıkların tedavide daha ön planda olduğu ifade edilmektedir. Helenistik dönemde her ne kadar felsefe, trajedi, komedi, şiir, heykel ve tarih alanlarında çalışmalar yapan, sırasıyla Eflatun ve Sokrat, Sofokles ve Euripides, Aristofanes, Pindarus, Praxiteles ve Herodot gibi ünlü düşünürler yaşasa da hastalık nedenlerinin özellikle başta “Timos” olarak adlandırılan fizik üstü güçlerin etkisinde olduğuna inanılmaktaydı. Bu dönemde yarı insan yarı tanrı olarak tanımlanan tıp tanrısı Asklepios’a adanan sağlık tapınakları ilk önceleri çeşme, kaynak, tapınak ve sunak bölümlerinden oluşurken bu yapılara daha sonra kütüphane, kaplıca / hamam gibi diğer sağlık yapıları eklenmiş, hasta kabul edilerek hizmet vermeye başlamıştır. Bu ilk şifa evlerine Asklepon adı verilmiştir. Kos ve Knidos ta bulunan asklepionlarda yapılan çalışmalar iki farklı ekolde incelenmektedir. Hipokrat tarafından takip edilen Kos ekolünde anatominin önemi bulunmamakta, hastalığın ilerleyişinin gözlenmesiyle hastaya göre tedavi yöntemi belirlendiği görülmektedir. Heroides ve Europhon gibi hekimlerin takip ettiği Knidos ekolünde ise daha çok hastalık belirtileri ile ilgilenerek karışık bir sınıflama yöntemi ile hastalık tanısına gidildiği elde edilen belgelerle gözlenmektedir. Hipokrat’ın hem hekimlerin sahip olması gereken özellikler üzerine yazdığı maddeler hem de çok yetersiz olsa dahi 72 ciltten oluşan *Corpus Hipocraticum* o dönemde deneyim ve bilgilerin sınıflandırılarak toplanmasında çok önemlidir. Hipokrat oluşturduğu Beden Sıvıları Teorisiyle hastalıkların bu sıvıların dengesinin bozulmasıyla oluştuğunu batıl inançların bununla ilgili olmadığı rasyonel düşüncesini kitabında aktarmaktadır. Birçok hastalığı teşhis eden ilk kişi olan Hipokrat’ın rasyonalist tıbbi düşünce ve davranışı Galen ile sürdürülmüştür.

Mısır Tıbbının tarihçesine bakıldığında ise ilk yazılı kaynak, 1862’de George Ebers tarafından Thebes’de bulunan Ebers Papirüsü olarak anılan 10 metrelik 900 reçeteyi içeren tıp kitabıdır. Bu kitapta 15 karın hastalığı, 29 göz hastalığı, 18 deri hastalığı teşhisi tarif edilmek-

tedir. Yirmibir'den fazla öksürük tedavisinin yanı sıra mineral ve hayvansal maddelerin kullanıldığı 700 ilaç ve 800 formül bulunmaktadır. Eski Mısır'da bağırsak temizliğinin, buna dayanarak da lavmanın büyük bir önemi olduğu, hatta Iri adı verilen özellikle kralın bağırsaklarını koruyan özel bir hekim olduğu Herodot tarafından kaydedilmiştir. Edwin Smith veya Cerrahi Papirüsü olarak tanımlanan papirüste ise 48 yara ve yaralanmaya ilişkin teşhis ve tedavilerin yazıldığı görülmektedir. Papirüste sınıflandırma; başlık, muayene, teşhis, tedavi biçiminde yapılandırılmış, ayrıntılı takip adımları maddelenmiştir (Feldman and Goodrich 1999). Bu papirüsler gibi, bulunan birçok papirüs, Kahire'de bulunan müzelerde saklanmaktadır.

Nil deltasında büyük Mısır medeniyeti yaşarken, Hindistan yarımadasında da önemli bir medeniyet gelişmeye devam etmekteydi. Hindistan tıbbının karakteristik özelliği ise diğerlerinden farklı olarak Ayurveda'dır. Ayurveda, yaşama dair kurallar, giyim, yemek, egzersiz ve diyet gibi birçok öneriler içermektedir. Bu tedavi türünde temel, bitkisel kökenli ilaçlar olup, lavman, merhem, şırınga, masaj, terleme, cerrahiyle uygulama yapılmaktadır. En çok ilerledikleri alan cerrahidir. Elde edilen kalıntılardan bisturi, makas, çengel, forseps, kateter ve şırınga kullandıkları bilinmektedir. Cerrahi alanındaki gelişmişlikleri; dönemde zina suçu işleyenlerin burnunun kesilmesinin ardından kişilere tedavi uygulanarak günümüz rhinoplasti uygulamasını yapmalarına ilişkin bilgilerle kanıtlanmaktadır. Bu gelişmişlik enfeksiyon hastalıkları alanında da ilerlemelerini sağlamıştır. 19.yy sonlarında sıvrisinek ve sıtma ilişkisini, fare ve veba salgını arasındaki ilişkiyi, Batıdan çok önce keşfetmiş olmalarının sebebi de buna dayanmaktadır.

Kısaca görüldüğü üzere Antik çağdaki tıp tarihinin gelişimine şu anki bilişsel düzeyle bakıldığında, adım adım uygulanan yöntemlerin, farkındalıkla veya farkında olmaksızın tedavi etmekten ziyade teşhisin, uygulama deneyimlerinin veri tabanı (*DB, database*) oluşturulma gayretinde ilerleyişini sürdürdüğü açıkça görülmektedir. Bu nedenle, günümüzde tıbbi sistemlerde gelineen noktanın uzun yolculuğunda ilk adım olan sistemin varolan veriyi öğrenerek yeni yargılara varması için gerekli veri tabanı bu dönemde 3 ana giriş metodu ile kurulmaya başlanmıştır.

Şekil 1. Antik Çağ Girdi Analizine İlişkin Uygulama Veri Tabanının Yapılanma Adımları

Tıpta bilginin kayıt altında olması bugün de en önemli adımdır. Teşhis ve tedavide bilginin doğru alınması, kapsamlı bir şekilde analiz edilmesi ve tüm bunlara en uygun tedavinin planlanarak adım adım gelişim basamaklarının takip edilmesi, bir sonraki adımda hastalığın teşhis ve tedavisini kolaylaştırırken, farklı bir yöne doğru evrilmesinde de yol gösterici kaynak olmaktadır. Farmakolojinin gelişimi, tarım toplumlarının yapmış olduğu reçete çalışmalarına ve basit biçimde saklanan verilere dayanmaktadır. Opium, hellebore, snakeroot bitkilerinden elde edilen karışımlarla o dönemden bu döneme birçok hastalık farklı birleşimlerle tedavi edilmektedir. Rasyonel olmayan büyüçülük ile tedavi amaçlı girişlerin (dans, trepenasyon, otlarla yapılan tütsülemeler), rasyonel düşünceye dayalı masaj, telkin, ilaç vb. insan bedenine uygulanması, bedende işlenmesinin incelenmesi ve deneyim kazanıldıkça bilginin güncellenerek yeniden uygulanması ve bu sırada adım adım sürecin yazılı hale getirilmesi (veri tabanı oluşturulması, bkznz Şekil 1.) tıpta karar vermeye destek niteliğinde kullanılan birçok sistemin oluşturulmasında gerekli olan teşhis ve tedavi uygulamalarına yönelik veri tabanının ilk temelleridir.

2. Asıl Zeka'dan Yapay Zeka'ya

İnsanlığın gelişiminde tarihsel sürece bakıldığında tüm süreci birkaç ana başlık altında toplamak mümkün olabilir ancak birbirinin içine giren kaotik zincirin varlığı her geçen gün elde edilen bilgilerle her birimizi büyülemektedir. Tarım devriminden önce dünyanın tüm nüfusunun günümüz kalabalık illerinden daha az olduğu, o dönemde insanların kendilerini beslemek için sürekli hareket halinde olduğu ifade edilmektedir. Aynı zamanda bulunan kalıntılar bu döneme ilişkin sosyal toplumların varlığını, verimli toprakların olduğu coğ-

rafyalarda yerleşik grupların yaşadıklarını; coğrafi koşullara göre fiziksel özellikler ya da aletleri oluşturma ve kullanma becerileri gösterdiklerine ilişkin ipuçları barındırmaktadır. Bu döneme ilişkin elde edilen bulgular Homo Sapiens'in gelişiminde kısa bir zamanda dahi büyük evrimsel sürecin varlığını ispatlamaktadır. Dört ayağı üzerinde yürüyen bir canlıdan 2 ayağı üzerinde duran, kendini beslemek için aletler geliştiren, deneyimler kazanarak hangi zamanda nerede kendisini nasıl besleyeceğine ilişkin bilgi dağarcığı oluşturan, iletişim kuran, topluluk oluşturan, gücün peşinde koşan, gücü bir çok görüş ve fikirle tanımlayan, son olarak kendi işlerini emir vererek veya bizzat kendisi tarafından akıl ederek yaptırabileceği iş gücünü tasarlayan canlıya, sadece 2,5 milyon yılda gelinmiştir. Ortalama insan ömrü göze alındığında bu çok uzun zaman gibi algılanabilir ancak uzay-zaman olarak bakıldığında gelişim çok hızlı yaşanmıştır. Son yıllarda yapılan genetik çalışmalarla elde edilen epigenetik hafızaya ilişkin bulgular, DNA'mızın içinde ilk insana ilişkin bilgileri hala koruduğumuza dair bilgiler ortaya koymaktadır. Doğa bir çiçeği kabuk kabuk oluşarak büyük ve görkemli bir hale getirdiği gibi, insanlığı da ve birlikteliğinde hayalini kurduğu yapay zekanın gelişimini de adım adım evirmeye devam etmektedir.

Yapay zekanın başlangıç noktası olan mantık bilimi, Antik Yunanlı filozof Aristoteles tarafından sistemleştirilmiştir. Buradan da yorumlayabileceğimiz üzere, antik dönemde yaşayan insanlar hem deneyimlerini kayıt altına alarak üst düzey bir veri tabanının yazılı ve sözlü biçimde korunmasını sağlamış, hem de birçok alandaki görüş ve düşünceleriyle bugünün temelini inşa etmişlerdir. Aristoteles tarafından yazılan 4 kitap adım adım mantık biliminin oluşmasında etkili olmuştur. Birinci kitap olan kategoriler eserinde doğruluk ve yanlış değeri almayan kavramsal (=tasavvurî) bilgileri incelemiştir. Peri-Hermenias olarak adlandırılan 2. eserinde Aristoteles doğruluk ve yanlış değeri alabilen yargıları ve onlara ait hükümleri yani önermeleri incelemektedir. Mantık bilimini ortaya attığı ilk eseri Birinci Analitiklerdir. Eserde, mantıklı düşünmenin en yetkin formunu ortaya koymaya çalışmaktadır. İkinci Analitikler'de ise kesin (=yakîni) bilgi nasıl elde edilir? sorusunu cevaplamaya çalışmaktadır. Dolayısıyla Birinci Analitikler'de sistemleştirilmiş "kıyas" teorisinin en yetkin olarak uygulandığı yer olarak görülebilir (Yüksel, 2006). 19.yy'ın sonlarında matematiğin soyut cebirsel ve geometrik yapıların (farklı uzayların) özelliklerinin de çalışıldığı kavramsal bir işleyişi olduğu netleşerek mantık yapılarının ortaya çıkışı başlamıştır. George Boole 1854'te Aristotelesin mantık bilimine şekil verme isteğiyle Boole Cebri'ni geliştirmiştir. 1938'de anahtarlama cebri olarak adlandırılan iki değerli Boole Cebri'ni tanıtarak, elektrik anahtarlama devre özelliklerini bu cebirle C.E. Shannon ifade etmiştir. Bu tarihten sonra günümüzde tüm sistemlerin alt yapısını oluşturan; ayrık matematik konularını, veri yapıları ve algoritma konularını, graf teorisini,

ağaçlar tanımını, otomata kuramını, kriptografi konusunu ve olasılık teorisini kapsayan bilişim matematiği adım adım geliştirilmiştir. Bilişim matematiğinin en basit düzlemdeki halinin birleştiği ilk bilgisayar Charles Babbage (Swade and Babbage 2001) tarafından üretilen “*Difference Machine*” olarak kabul edilmektedir. Haberleşmenin temelini oluşturan diyot ise 1704 yılında John Flemming tarafından icat edilmiştir. 1944 yılında ise ilk bilgisayar Mark 1 üretilmiştir. Ancak basit olan bu icatların günümüzde insan ve makina iletişimiyle geldiği nokta olan Sibernetik ilk defa El-Cezeri tarafından tanımlanmıştır. El-Cezeri’nin yaptığı araçlardan elektronikteki ayarlama sistemleri ve sibernetikteki denge durumunu başarılı bir şekilde uyguladığı görülmektedir. Otomatik makineler ve günümüzde her alanda kullanılan yapay zekaya ilişkin tanımlar; insan ve diğer canlıların hareketlerini, öğrenme kabiliyetlerini taklit eden sibernetik tabanlı işlevsel makineler için kullanılmaktadır. El-Cezeri’den sonra basit haliyle üretilen makineleri ileri taşıyan kişi; bir dönem insanlar tarafından yapılan hesaplama işlemlerinin gelecekte makineler tarafından yapılabileceğini öne süren (Alan Mathison Turing 1980) ve Enigma makinasının şifresini bir makinanın yardımıyla çözmeyi başaran Alan Turing’tir (Copeland, 2004). Hatta 1950’li yıllarda makinelerin gelecekte yapacakları hesaplamalarla insanlardan ayırt edilemeyecek bir yapıya taşınmasını düşünerek, makineler için zeka testini ve makinarya zeki demenin standardını tartışmıştır. Yine Morfogenezin Kimyasal Modelleri makalesinde (Alan Mathison Turing 1990) gelişim biyolojisinde önemli matematik modellerinden reaksiyon-diffüzyonu formüle etmiştir.

Turing’in yapay zeka tanımından önce 1934 yılında nörofizyolog Warren McCulloch ve matematikçi Walter Pitts elektrik devrelerinden yapılan basit bir sinir ağı kullanarak beyin nöronal etkileşimlerini modellemiştir. Hatta bu modellemeyi önce McCulloch, Parkinson ve epilepsi hastalıkları için de kapalı bir elektrik model üzerine çalışmalar yapmıştır. Ancak günümüz makinelerinin öğrenme algortimalarının temeli olan asıl zekayı yapay zekaya evrilmesinin başlangıcı sayılan makalelerinde duyuşal farkındalığın farklılaştırılmış sürekliliği ile algı ve yürütmenin normatif, mükemmel ve çözücü özelliklerini içeren bütüncül problemlerin yapısal çözümlerini ortaya çıkarmaya ilişkin kurdukları teoremleri açıklamışlardır (McCulloch and Pitts, 1943). Tanımladıkları modelde; uyarlanabilirlik, sinaptik eylemi, bir nöronun, ilgili sinapta meydana gelen ateşleme sinyallerini ‘dikkate alması’ derecesini belirleyen değişken bir ağırlıkla temsil etmektedir. Nöronun, hem uyarıcı hem de engelleyici etkilerini toplayarak ve buradan hareketle ateşlenip ateşlenmeyeceğini belirleyerek ateşleme sinyallerini tüm sinapslarında dikkate aldığı düşünülmektedir. Modelde, bir nöronun aksonunda ateşleme 1 ile temsil edilirken, 0 sayısı ile da aksonun ateşlemeyeceği varsayılmaktadır. Bu sayının ne olduğu bilinmediğinde, nöronun akson durumuna X etiketi verilir. Bir sinaps etkisi W ile

gösterilir (ki biraz keyfi olarak) -1 ile +1 arasında bir değer alabilir. Belirli bir sinapstaki bir nöron üzerindeki etki o zaman üründür. : WX. W'nun negatif değerleri geciktirici (-inhibitör) sinapsları temsil eder. Çok sayıda sinaps olduğundan, bu numaraların her birine başka bir j etiketi verilmelidir. Bu durumda X_j ve W_j , j'inci sinapsının girdi ve ağırlığı olmaktadır. Tüm sinapsları hesaba katmak için, model sadece bu etkileri ekler ve bunları bir T (*threshold*) eşiğiyle karşılaştırır. Toplam, bu eşiği aşarsa nöron patlar. İfade edilen bu durum, bir düğüm için ateşleme kuralıdır. Bu genellikle basit matematiksel formda:

$$X_1W_1 + X_2W_2 + \dots X_jW_j + \dots + X_mW_m > T. \quad (1)$$

(1)'deki biçimde ifade edilir ve eşitsizlik doğruysa nöron patlar (yani çıktısı $F = 1$). McCulloch ve Pitts'in hesaplamalı zihin ve beyin teorisi, matematiksel hesaplama kavramını kullanması anlamında yapılan ilk modern hesaplamadır.

Şekil 2. McCulloch ve Pitts'in Hesaplamalı Beyin ve Zihin Teorisi (Bir çıkış darbesi göndermek için, her nöron iki yardımcı giriş almalı ve hiçbir engelleyici giriş almamalıdır. Nokta ile biten çizgiler uyarıcı bağlantıları temsil eder; kasnakla biten çizgiler etmektedir (Piccinini 2004))

McCulloch ve Pitts'in hesaplamalı zihin ve beyin teorisi, kuralların açık bir temsiliyi içermeyen, bilgiye dayalı uzman sistemlerin kural takip eden davranışını sergileyen yapay sinir ağlarının kullanıldığı matematik modellerin, farklı uzmanlık alanlarında kullanılmasının yolunu açmıştır. Yapay sinir ağı modelleri; açık kurallar kullanmak yerine, sinir ağı modeli, bir dizi tek yönlü ağırlıklı bağlantı aracılığıyla yerel olarak etkileşime giren çok basit nöron benzeri işleme elemanlarına dayanmaktadır. Bilgi dahili olarak ağırlıkların değerleri ve bağlantıların topolojisi ile temsil edilmektedir. Öğrenme, bağlantı ağırlıklarının değiştirilmesini içermektedir. Bu ağlar, geleneksel model tabanlı mühendislik veya bilgi tabanlı uzman sistemlerle modellenmesi zor olan karmaşık mühendislik sistemlerinin temsiline izin veren gerçek süreçlerden gelen girdilere kendilerini adapte edebilmekte ve öğrenebilmektedir. 1988 yılında Hoskins ve Himmelblau tarafından yapılan çalışmada kimya mühendisliği süreçlerinde bilgi

temsili için arzu edilen sinir ağlarının özellikleri açıklanmıştır (Hoskins and Himmelblau, 1988). Bishop ve arkadaşları kinematik verilere dayanan bir sinir ağı geliştirmişlerdir. Oluşturulan modelin bel ağrısının sınıflandırılması için dönem koşullarında mükemmel tahminler sunduğu savunulmuştur. Bu tip sistemlerin, bireysel hastada bel ağrısının yönetimini belirgin şekilde geliştirebileceğini savunmuşlardır (Bishop et al.,1997).

Yapay sinir ağları, büyük veri kümelerindeki (analitik) karmaşık doğrusal olmayan ilişkileri tanımlamak için çoklu algoritmalar kullanan esnek matematiksel modellerdir. Makineler, küçük algoritma değişikliklerine yanıt olarak karşılaşılan hataların ne zaman düzeltildiğini (eğitim) öğrenerek tahmin modelinin doğruluğunu (güvenini) giderek artırır. Yapay zeka, öğrenme ve akıl yürütmeye yönelik çok çeşitli sembolik ve istatistiksel yaklaşımları kapsarken algoritmalarda, hesaplama gücünde ve büyük veri kümelerine erişimdeki son gelişmeler yapay sinir ağlarının önde gelen yapay zeka yöntemi olarak ortaya çıkmasını sağlamıştır. Günümüzde yapay sinir ağlarıyla başladığı gelişimine, derin öğrenme algoritmaları ve üst düzey haberleşme sistemlerinin etkisiyle giyilebilir teknolojiden veri olarak devam etmektedir.

Her iki kanaldan ilerleyen gelişmeler, hem hastalıkların teşhisine destek verecek nitelikte hem de bir taraftan tedavilere yönelik öneriler sunacak nitelikte gelişirken, daha etkili öğrenmenin sağlanması hem de hastanelerde yönetsel süreçlerinde kalitelerinin artırılması için elektronik sağlık sistemleri ve elektronik medikal sistemler üzerine çalışmalar başlamıştır. Tıbbi alanda gelişen Elektronik Hasta Sistemleri ve Elektronik Tıbbi Sistemler farklı amaçlarla ortak veri tabanı sayesinde uzman hekim görüşlerini öğrenerek, hastalıkların erken teşhisine destek vermektedir. Elektronik hasta sistemleri (*Electronic ??? Systems; ???*); kapsamlı hastane yönetimi (karşılama, muayene, tedavi, taburcu, ödeme işlemlerinin hızlı ve sorunsuz işlemesi), doğumdan ölüme bireye ait hastalık teşhis, tedavi kayıtları, hastalık gelişim ve tedavi gelişim analizleri, soy geçmişine dayalı hastalıklara ilişkin öngörme analizleri, hastanenin yüksek kalite ve verimlilikle hizmet verme kapasitesini arttırmayı hedeflemektedir. Evde bakım hizmetleriyle de haberleşme kurabilen sistemler, geliştirilen özel hasta yataklarıyla hekim ve özel hemşireye ihtiyacı minimize etmektedir. Elektronik tıbbi sistemler (*Electronic Medical Systems; EMS*) hastaya ilişkin dinamik alt yapısıyla o anki doğru teşhisinin en hızlı biçimde yapılarak, hastalığın etkili tedavi sürecinin başlamasına destek vermektedir (Evans, 1999). Tüm bu sistemlerin gelişimi basit Bayes olasılık mantığıyla başlayarak günümüzde öğrenme algortimalarının gelişmesiyle çok aşamadan elde edilen farklı kriterli verilerden gelen bilgilerle karar alma seviyesine ulaşmıştır.

3. Teknolojinin Gelişimiyle Bilgisayar Destekli Tıbbi Sistemlerin Gelişim Süreci

Antik çağdan 1950'li yıllara kadar bilişim matematiği, bilgisayarlar ve tıpta gelişimler devam ederken, girdi analizlerinden ziyade girdiye ilişkin vucut tarafından planlanan tedaviye verilen tepkinin analizlerinin yapıldığı birçok uygulama sonucunun da yer aldığı yazılı kaynakların gittikçe artması, birçok sorunu gündeme getirmiştir.

Bu dönemde teşhisin doğru yapılması, tedavi adımlarının hastaya özel planlanması için geniş bir literatür bilgisine sahip olunma gereksinimi ortaya çıkmıştır. Temel hedefler 5 ana başlık altında toplanmıştır:

1. Sistematik, mümkün olduğunca tam kapsamlı ve farklı kaynaklardan gelen verileri entegre edebilen yaklaşımlarla klinik tanının doğruluğunu artırma,
2. Hekimler arasında ortak bir önyargı kaynağı oluşturabilecek benzer ancak özdeş olmayan vakalarda, karar kriterlerini açık ve dolayısıyla tekrarlanabilir hale getirerek klinik kararların güvenilirliğini artırma,
3. Dönem koşulları ve insanların mümkün olduğunca hızlı sağlıklı hallerine gelmelerinin isteğinin yanı sıra, fon masraflarını kesin eylemlerin fayda ve risklerine karşı dengeleyerek, testlerin ve tedavilerin maliyet etkinliğini artırma,
4. Tıp öğrencilerinin tıbbi bilgi teorisi ile ilgili bilgilerini geliştirmek, bu bilginin tutarsızlıklarını ve yetersizliklerini tespit etmek için teknikleri geliştirmek.

Tüm bu doğru, güvenilir, maliyet performans etkisi yüksek, tıbbi bilgi ve becerinin gelişmesine destek ihtiyaçları bilgisayar alanında yaşanan gelişimlerden dolayı, bilgisayar ve tıp alanında çalışanları bir araya getirmiştir. Bilgisayarların teşhis işlemlerinde sağlık profesyonellerine yardım etmesi ile ilgili ilk makaleler, 1950'li yıllarda yayınlanmaya başlanmıştır. İlk deneysel prototipler bu yayınlardan birkaç yıl sonra ortaya çıkmıştır. Çalışmalar incelendiğinde Klinik Karar Destek Sistemlerinin; bilgi yönetimi, uyarı ve dikkatin bir alana odaklanması ve uzman sistemler olmak üzere 3 ana başlık altında tasarlandığı görülmektedir. Bilgi yönetimi; hastanelerin bilgiyi depolaması ve geri çağırılması, hastane yönetimsel verimliliğin artması, maliyetlerin azaltılmasını kapsamaktadır. Uyarı ve dikkatin bir alana odaklanmasına yönelik sistemlerde teşhise yönelik farklı açılardan düşünme kapasitesinin artırılması, doğru teşhisle erken tedavinin planlanması hedeflenmektedir. Bu sistemler özellikle öncesinde kullanılan tedavi yöntemlerine ilişkin bilgiler bulunduğundan ilaç geliştirilmesine, yan etkisi olan tedavi planlarında iyi gelişmeler yaşanmasına kılavuzluk etmektedir. Bunun ilk adımı

1964'te Ulusal Tıp Kütüphanesinin (*NLM; National Library of Medicine*) bilgisayarlı sistem *MEDLARS*'ı (Tıbbi Literatür kullanımı analizi ve geri kazanım sistemi) *Index Medicus* altında bir mekanizma oluşturmak için kullanmaya başlamasıdır. 1971'de ise *NLM* kütüphaneye ulusal çevrim içi erişim sunmaya başlamıştır ve 1972'den itibaren eğitim amaçlı da destek vermeye devam etmektedir. Uzman sistemler ise karar teorisine dayalı hastaya özel verilen analiziyle tavsiye ve öneriler sunmaktadır. Bu sistemlerde antik çağdan bu yana vazgeçilmez unsur olan en doğru teşhis için konu hakkındaki deneyimin saklandığı bilgi tabanlı bir yapı bulunmaktadır. Bu bilimsel bilgi tabanı, konu hakkındaki uzmanlar tarafından edinilen deneyimlerle sürekli güncellenmektedir. İkinci yapı ise hastadan elde edilen bilgi ve bulgulardır. Üçüncü yapıda kurala dayalı sonuçlar elde etmeyi sağlayan bir algoritma yer almaktadır. İlk iki yapıdan elde edilen bilgileri işleyerek hekime öneri sunmaktadır.

Tasarlanan ilk sistemler klasik olasılık teorisi kullanılarak yapılandırılmış ve denenmiştir. Ancak olasılık teorisinin kullanılması dört başlık altında toplanabilecek sınırlamaların oluşmasına neden olmuştur;

- 1) Koşullu bağımsızlığın üretilmesinde karşılaşılan pratik olmayan sınırlamalar,
- 2) Veriye dayalı yaklaşımlarda kullanım için koşullu olasılıkların toplanması veya değerlendirilmesinde yaşanan büyük zorluklar;
- 3) Büyük koşullu olasılık tabloları ve bunların karşılıklı ilişkileri ile uğraşmada bilişsel karmaşıklık ve
- 4) Titiz olasılıklı yaklaşımlar denendiğinde ortaya çıkan hesaplama karmaşıklığı.

Teknolojinin de gelişimine paralel olarak, 1960'lardan beri gelişen ve günümüzde de başarılı bir şekilde kullanılan Klinik Karar Destek Sistemleri ve Uzman sistem örneklerini, giyilebilir cihaz teknolojilerle ???ve *EMS*'lere veri sağlayan sistemlere ilişkin örnekler aşağıda kısaca sıralanmıştır.

3.1. De Dombal'ın Leeds Abdominal Ağrı Sistemi

1960'ların sonunda Leeds Üniversitesinde, De Dombal ve yardımcıları, abdominal hastalıklarla ilgili belirti sürecini inceleyen, bilgisayar temelli klinik karar yardımı sistemini geliştirmişlerdir. Bu sistem, binlerce hastadan alınan bulguları değerlendirerek elde edilen nitelikli verilerin yardımıyla, farklı koşullarda farklı sonuçların ne olacağı üzerine Bayesian olasılık teorisinden faydalanarak yorumlar yapmaktaydı. Sistem akut ağrılarda muhtemel yedi hastalığın teşhisini, duyarlılık ve hassasiyet özelliklerini kullanarak, hastalığın yaygın çeşitli işaretlerini, belirti, bulgu ve test sonuçlarına dayanarak yaptığı hesaplamalarla ortaya koyu-

yordu. Sistemin destek verdiği hastalıklar; apandisit, peptik ülser, divertikulus, safra kesesi ağrısı, pankreas, ince barsak sorunları ve nedeni açık olmayan abdominal ağrılar şeklinde sıralanıyordu. Çalışma 304 karın ağrısı şikayeti olan hasta üzerinde yapılmıştır. Bilgisayar sistemi 279 hastanın nihai teşhisini gerçekleştirerek %91,8 oranında doğrulukla çalışmayı başarmıştır (De Dombal et al., 1972).

3.2. INTERNIST

1970’li yıllarda başlayan ve sonrasında *Caduceus* olarak devam eden *Internist* projesi, Harry E. People, JR ve Jack D. Myres tarafından Pittsburgh Üniversitesinde geliştirilmiştir. Sistemin amacı, dahiliye alanı ile ilgili çoklu, karmaşık birçok hastalığı kolay ve hızlı bir şekilde teşhis etmektir. Bilgisayar destekli tanı için o dönemde tasarlanan diğer birçok programdan, yaklaşımının genelliği ve bilgi tabanının büyüklüğü ve çeşitliliği bakımından farklıdır (Miller, Pople Jr, and Myers, 1982).

3.3. MYCIN

1950’li yıllardan 1970’li yılların sonuna kadar, De Dombal’ın ağıri sistemiyle başlayan bilgisayar tabanlı destek programları gibi birçok farklı tıbbi uzmanlık alanında destek sistemi çalışması yapılmış, 800’ün üzerinde çalışma yayınlanmıştır. Teknolojinin farklı alanlarda geliştiğı bu dönemde özellikle bakım, tamir, onarım eğitimi için zaman ve fon harcamamak için Bilgisayar Tabanlı Tavsiye Sistemlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu sistemlerde bilgisayar, tavsiye isteyen kullanıcıya, “X işini, Y işini tamamlamak için yapmalısın ve böylece Z işine geçebileşin” gibi mantık sırası kurallarından oluşturulmuş cevaplar vermektedir. Bunun için arka planda tanımlanan yordamsal bir ağıri bulunmaktadır. *MYCIN* projesi *MEDIPHOR* olarak adlandırılan bilgisayar ilaç etkileşimi uyarı sisteminden hareketle projenin başında bulunan Stanley Cohen ile Bruce Buchanan, Ted Shortlife işbirliğı sonucu 1970’lerde Stanford Üniversitesinde geliştirilmiştir. Programın amacı bulaşıcı hastalık uzmanlarının tanı ve tedavi bilgilerini içererek, hangi hastalığın belirli hastalık belirtilerine yol açacağı üzerine “Eğer-İse” döngüleriyle danışmanlık etmesidir. Tam bu noktada “Eğer-İse” döngülerinin, bir önceki bölümde adı geçen Edwin Smith Cerrahi Papirüsündeki mantıkla birebir aynı olduğunu ifade etmek gerekir:

Eğer boyun omurunda burkulma olan birini muayene ediyorsan “iki omuzuna ve aşağı göğüs kafesine bak” demelisin.

Eğer bu bakış ona acı veriyor ise ilk iki gün taze et bağla sonrasında iyi hissedene kadar bal sür.

Shortlife programda “Eğer-İse” döngülerine yeterlilik kazandırmak için olasılık kullanarak inanç derecesi ya da kesinlik derecesi değerleri vermiştir. İlk sistemde 200 kuralla başlayan proje 1978’de 500 kural ile çalıştırılmıştır. *MYCIN*, bir danışma sistemi olup, infeksiyon hastalıklarının yönetiminde uygun çözümlere konsantre olunmasını hedeflemiştir. Bu sistem hastalara hangi testler yapılmalı, tedavi yöntemi ne olmalı yada nasıl bir tedavi planı gerçekleştirilmeli gibi sorulara cevap aramaktadır (Buchanan and Lederberg 1971; Shortliffe 2012)

3.4. *POEMS (Post Operative Expert Medical System)*

Hastaların operasyon sonrası bakımı amacıyla geliştirilmiş bir acil bakım tıbbi uzman sistemi olan Poems sistemi, 1992 yılında az deneyimli tıbbi personele, operasyon sonrası bakımda olan hastalara ait değişik bulguların değerlendirilmesinde öneride bulunma ve karar destek sistemi olarak planlanmıştır. *POEMS*’deki tıbbi bilgi;

1. Kan basıncı, hemogloblin vb. gibi tıbbi alan bilgisi,
2. Adaya ilişkin, konjestif kalp yetmezliği gibi bilgileri teşhis etme kapasitesi,
3. Antibiyotikler, analjezikler vb. gibi tedavi eylemleri bilgisi biçiminde üç kategoriye ayrılmaktadır. Bu kategoriler, sınıfların hiyerarşik yapısında; Veri nesnesi, Aday ve Eylem olmak üzere KR nesneleri olarak temsil edilir.

POEMS etkileşimli bir şekilde tıbbi personelin uyguladığı standart stratejiyi kullanarak hastaya ait bilgileri almaktadır. Bunlar hastanın öz-soy geçmişi, hastalığının öyküsü, kontrol bulguları ve test sonuçları bilgileridir. Bu bilgilere dayalı olarak sistem muhtemel teşhis sonuçlarını açıklamaktadır. *POEMS* ayrıca hasta kayıtlarını veri tabanında saklayarak benzer durumların teşhisinde kullanılmaktadır (Sawar et al., 1992). Bilgisayar tabanlı hasta veri bankalarının varlığı, veri tabanının bilgisayar analizine dayanarak klinisyene değerli yeni bilgiler sağlamak için büyük bir umut vaat etmektedir. Analiz birkaç şekilde olmaktadır:

- (1) prognostik göstergelerin tanımlanması,
- (2)semtom setleri arasında istatistiksel korelasyonlar ve
- (3)hastanın çeşitli tedavilere cevabının karşılaştırılması.

Örneğin, böyle bir sistemle, ilaç-ilaç etkileşimleri veya tedavi kontrendikasyonları gibi bazı potansiyel problem alanlarına işaret eden “hatırlatmalar” yapılabilir.

3.5. ISABEL

Isabel Klinik Karar Destek Sisteminin (*IDCS*) ilk versiyonu 2002 yılında, pediatri için Birleşik Krallık'ta piyasaya sürülmüştür. Yetişkin versiyonu ise 2005'te dünya çapında kullanılabilir hale gelmiştir ve günümüzde binlerce tanıyı kapsamaktadır. Sistem; kızının yanlış teşhis sonucu ağır bir şekilde hastalanmasından etkilenen babanın fon sağlaması nedeniyle oluşturulmuştur ve bu nedenle Isabel adını fon sağlayıcının kızından almıştır. Sistemin ilk hedefi, öğretim üyelerinin, öğrencilerin ve klinisyenlerin yeni çalışmalarda güncel kalmasına yardımcı olan bir öğretim aracı olmaktır.

Sonraki geliştirilen halinde *IDCS* teşhise yönelik olup, klinik özelliklerin bir seti verildiği zaman, konuyla ilgili olası teşhisler arasından en makul sonucu belirleyerek önerilerde bulunmaktadır. İngiltere'deki hastanelerde ve genel pratisyen muayenehanelerinde hekimler tarafından kullanılan başta pediatrik olmak üzere kapsamlı bir karar destek aracıdır. Ayrıca akut özellikli yaşamsal olaylarda uzmana tedavi rehberliği yapabilmektedir. Sistem bu özelliklerine ek olarak CT ve X-ray filmleri için bir kütüphane vazifesi görmektedir. Bahse konu işlemler birbiri ile bağlantılı bir şekilde yürümektedir. *IDCS*, 11.000'den fazla tanı ve aynı zamanda 4.000 ilacın bulunduğu bir veritabanından oluşmaktadır. *IDCS*'nin ayırt edici bir özelliği de klinisyenin *IDCS*'ye hastanın semptomlarını ve klinik belirtilerini girmesi veya verilerin elektronik tıbbi kayıttan çıkarılmasıyla olası semptomların ve/veya spesifik semptomlara neden olabilecek ilaçların bir listesini sağlamak için girilen semptomları ve işaretleri veritabanında kontrol etmesidir (Vardell and Moore 2011).

3.6. OIRS (Online-Incident Reporting System)

Medikal risklerin yönetimi için Osaka Üniversitesi Hastanesinde *OIRS (On-line Incident Reporting System)* adı verilen bir sistem geliştirilmiştir. Sistemin amacı hastanedeki insan gücünün en verimli biçimde kullanılmasının sağlanmasıdır. Sistem yapılan hatalı işlemlerin önüne geçmeyi hedeflerken, yap-kontrol et-düzelterek devam et mantığıyla Osaka üniversitesindeki medikal olayları değerlendirmekte ve medikal risk yönetim sürecini etkin hale getirmektedir. Sistem sadece rapor hazırlamakla yetinmeyip, aynı zamanda klinik risk yönetim komitesi ile birlikte günlük risk yönetimi ve kalite geliştirme planları hazırlamaktadır. 1 Temmuz 2000 tarihinde hastanenin tüm disiplinleri için tanıtılarak kullanıma sunulmuştur. 1 Temmuz 2001 ile 31 Mart 2002 tarihleri arasındaki veriler yayınlanan (Takeda et al., 2003) çalışmada analiz edilmiştir. Aylık rapor sayısının 140 ile 180 arasında değiştiği, sadece kağıt temelli olay raporlarını dolduran hemşirelik bölümünün ayda yaklaşık 50 olay bildirdiği saptanmıştır. Bildirilen olay raporlarının İlaç (% 44.3), hatlar, tüpler ve cihazlar (% 22.0) ile

düşme ve kayma (% 13.9) gibi temel başlıklar altında toplandığı görülmüştür. Önceleri hemşirelerin bu bildirim belgelerini elle doldurmalarının 30 dakika alması ancak sistemle toplam 9 dakika içinde sürecin tamamlanması kalan 21 dakikanın belge başına iş gücünde verimlilik sağladığı görülmüştür. Bu sistem hastalığın teşhisinden çok hastanede oluşan risk yönetimini hedefleyerek kalite ve iş gücü verimliliğini artırmayı hedeflemektedir.

3.7. *JMAR (Joint Medical Asset Repository)*

2004 yılında Sloane, Rosow ve Adam tarafından askeriye için tasarlanmış bir tıbbi ihtiyaç arama programıdır. *Joint Medical Asset Repository (JMAR)* başlangıçta Çöl Fırtınası Operasyonu sırasında ortaya çıkan tıbbi tedarik ve ilaç dağıtım sorunlarını düzeltmesi öngörülmüştür. Savaş halinde veya olağanüstü hallerde askeriyenin acil olarak ihtiyaç duyabileceği tıbbi malzeme, ilaç, organ ve kan desteğini en yakın hangi hastane veya merkezde bulunduğunu en kısa sürede arayıp bulan, merkeze alarm vererek ihtiyaç duyulan desteğin hazırlanmasını sağlayan program Oracle tabanlıdır (Sloane et al., 2006).

3.8. *GALEKNOW*

Acil durumlarda, yeterli bilgi ve bilgiyi doğru zamanda erişilebilir bir şekilde elde etmek karar vermenin optimizasyonu ile yakından ilgilidir. Uzman Bilginin Hızlandırılmış Transferi (ATEK); her bir spesifik patolojinin bilgisini yöneten, uzmanı gerekli bilgi ve bilgiye yakınlıklaştıran ve aynı zamanda kazanılan tüm deneyimleri bu bilginin bir havuzuna yönlendiren bir sistemdir. Glaknow projesi de tam burdan hareketle Galdakao Hastanesi acil servisinde geliştirilmiştir. Sistemin tasarımı, acil servis çalışanlarının kritik kararları daha kısa sürede vermelerine yardımcı olması, hastane yönetiminin hastalara daha düşük ücretle kaliteli hizmet verebilmesi amaçlanmıştır. Acil servise gelen hastalara ilk tedaviyi yapan pratisyen doktorlara uzman doktor önerisi sağlamak ve hastaların kısa sürede doğru servise yönlendirilerek tedavilerinin başlamasına yardımcı olmaktadır (Diez and Urbistondo, 2003).

3.9. *MITHril*

1990'ların sonunda elektronik hasta kayıtları ve elektronik tıbbi kayıtlarına yönelik sistemlere veri sağlanması için giyilebilir ve hastanın takibinin doğal yaşam döngüsünde gerçek zamanlı, sürekli yapılabilmesine olanak tanıyan sistemler geliştirilmeye başlanmıştır. *Massachusetts Institute of Technology (MIT)*'de geliştirilen *MITHril* sistemi (Pentland, 2005) ile bir RS-232 ara yüzü ile kalp ritmi, kan şekeri, oksimetre ve karbondioksit seviyesi takibinin yanı sıra elektro-ensefalografi (EEG) ölçümlerinin yapılması sağlanmıştır. Farklı algılayıcılardan gelen ham ölçümlerden Gauss modelleri, Destek Vektör Makinaları, Markov Modelleri gibi

makine öğrenme yöntemleri ile istatistiksel modeller oluşturulmuş ve bu veriler kullanılarak çıkarımlar yapılmasına olanak sağlanmıştır. Karar verme çıkışları için Bayesian modellerden faydalanılmıştır. *MITHril* sisteminin Parkinson hastaları için hipokinezi ve diskinezi durumlarının takibi ve analizi için de kullanıldığı belirtilmektedir.

3.10. AMON: Giyilebilir Çok Parametrelî Tıbbî İzleme ve Uyarı Sistemi

AMON sistemi, tüm sensörleri, iletişim ve işleme cihazlarını tek bir ergonomik bilekte taşıyan muhafaza içinde birleştirmektedir. Günümüzde kullanılan akıllı saat teknolojilerinin ilk adımı olabilecek nitelikte olan cihaz bilekte taşınabilen bir ölçme aracıdır. Dönemin teknolojik gelişimine göre cihazdaki entegrasyon, sinyal alımını, özellikle nabız ve EKG'yi, sensörleri (örn., EKG elektrotları) çeşitli vücut bölgelerine yerleştiren dağıtılmış sistemlere kıyasla daha zor hale getirme dezavantajına sahiptir. AMON sistemi, tek bir cihazda kan basıncını, SpO ve bir kurşun EKG'yi ölçebilme kapasitesindedir (Anliker et al., 2004).

3.11. ICARDEA (İmplant Kalp Cihazı Takılı Kalp Hastalarının Uzaktan Kişiselleştirilmiş Takibi İçin Akıllı Platform)

ICARDEA projesi Avrupa Birliği tarafından 2010-2013 yılları arasında fonlanan, yürütücülüğünü Türkiye'den bir AR-GE firmasının yaptığı, Almanya, Avusturya, Yunanistan ve İspanya ortaklığıyla tamamlanan implant kalp cihazı takılı kalp hastalarının uzaktan kişiselleştirilmiş takibi için akıllı platformdur. Projenin amacı; kardiyovasküler aritmilerin tedavisi ve önlenmesi için kullanımı giderek artan implant kalp cihazı takılı hastaların uzun süreli güvenliği ve sağlığının takibini sağlarken sağlık ekiplerinin üzerindeki yükü azaltmak ve sağlık harcamalarının düşürülmesidir. Cihazdan elde edilen veriler elektronik hasta sistemleri ile iletişim kurabilme kapasitesine sahiptir. Böylece önerilen tedavilere kontrendikasyonları gösteren kalp dışı durumlar gibi hastaların tıbbi geçmişi hakkında bilgi, hastanın elektronik sağlık verilerinden elde edilebilir ve klinik takipte kullanılabilir (<http://www.srdc.com.tr/projects/icardea/home.html>, çevrimiçi erişim 10.03.2020).

4. Giyilebilir Tıbbî Cihaz Teknolojileri

Önceki bölümlerde antik çağdan başlayarak tıpta teşhis ve tedavi adımlarına, teknolojik gelişimlerle beraber yapay zekaya dayalı teşhis ve tedavi yöntemlerinin gelişim sürecinde klinik karar destek sistemlerin evrimine genel olarak baktık. Bu bölümde çağımızın en önemli varlığı olan bilginin kaynağından elde edilmesinin, anlamlı hale getirilerek bu bilgiye dayalı sistemlerin üretilmesinden kısaca bahsedeceğiz.

Emile Brehier'e göre, "bilgi eşyanın yüzeyinde dolaşmaz; bilgi, varlığın içerisinde ve derinliklerindedir" (Bréhier, 1947). Dolayısıyla varlığın derinliği içerdiği bilginin değeriyle ilişkilidir yoru-

muna varılabilir. Bu da bilginin derinliğinin de varlığın kendisine o denli yakınsayacağı görüşüne varmamızda etkili olacaktır. Varlığın matematiksel olarak sıfır ve bir arasında değer aldığından hareket edersek bire yakınsayan her sistem çıkarımda bulunacağı varlığa o denli hakim olacaktır, ya da varlık olacaktır. Daha basit bakış açısıyla 1990’lardan beri yapılanan yeni ekonomide işletmelerin “değer yaratabilme başarısının”; tüm çalışanlarından, müşterilerinden, tedarikçilerinden, hissedarlarından edindiği “bilgi birikimi”ne bağlı olmasını örneklendirebiliriz. Günümüzün rekabetçi ortamında, fazla bilgi ve beceri biriktiren ya da bilgiyi elinde tutmayı başarabilen işletmelerin pazar değerleri artmaktadır. Bilgi nesneler ve olaylar arasındaki birbirlerini etkileyen ve tetikleyen ilişkileri anlamlandırılmasına hizmet ederek, insanoğlunun nesne ve olaylar üzerindeki baskı ve gücünü artırmaktadır. Böylece insan - doğa mücadelesinde bilgi insanlığın hakimiyetine zemin hazırlamaktadır. Bu denli önemli olan bilgi antik çağlarda parşömenlere kaydedilmiş, ilerleyen zamanlarda günümüz koşullarına göre daha basit ortamlarda işlenmiş ve bilgidan bilgi edinerek, yapay sinir ağlarının da gelişime verdiği destekle, öğrenmeye dayalı algoritma çağına gelmiştir. Akıllı cep telefonları, akıllı saatler, akıllı hasta yatakları ve nanoteknoloji ürünü bir çok giyilebilen teknoloji yapay zekaya hergün milyonlarca bilgi akıtmaktadır.

Giyilebilir tıbbi cihazlar küçük, hafif, dayanıklı ve rahat olan ve gerekli işlevleri düşük maliyetle güvenilir ve güvenli bir şekilde sağlayan bileşenler içermektedir. Bu gereksinimler, özellikle sensör teknolojilerinin, bilgisayar ve kablosuz iletişim teknolojilerinin minyatürleştirilmesi ve yeni hesaplamalı giyim konsepti yoluyla giyilebilir teknolojideki son gelişmelerle mümkün olmuştur. Kendi içlerinde işlevlerine göre farklı sınıflar altında toplanmaktadır.

Holter ve uyku apnesi monitörlerinin yanı sıra, miyokard iskemisinin izlenmesi, kalp hızı değişkenliğinin uzun süreli izlenmesi, epileptik nöbetlerin saptanması, uyuşukluğun tespiti ve rehabilitasyon sırasında fizik tedavi geribildirimini sağlanması gibi belirli tıbbi durumların özel olarak izlenmesi Tıbbi İzleme Cihazları (*Medical Monitoring Device*) ile sağlanmaktadır. Örneğin; Bodymedia SenseWear Pro Armband hareket, ısı akışı, cilt sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve galvanik cilt yanıtı (fizyolojik tepki) gibi fizyolojik ve yaşam tarzı verilerini toplayan kablosuz giyilebilir bir vücut monitörüdür (McClain et al., 2005). *Vivometrics LifeShirt* ise, kalp atış hızı, solunum ve akciğer kapasitesi dahil olmak üzere 40 fizyolojik belirtiyi izleyen gömülü sensörlere sahip tek bir giysi ünitesinde invaziv olmayan bir ayaktan izleme sistemidir (Heilman and Porges, 2007). AME giyilebilir polisomnograf, EKG, EMG, elektrookülografi, EEG, göğüs eforu, nabız oksimetresi, vücut pozisyonu, hava akımı ve horlama sensörlerine sahip, giyilebilir 16 veri kanallı bir kaydedicidir. Veri kaydı için yerel kayıt ve isteğe bağlı kablosuz dijital radyo bağlantısı sağlar ve klinik bir ortam için tasarlanmıştır (Fotiadis et al., 2006).

Diğer bir sınıf ise giyilebilir rehabilitasyon cihazlarıdır (*WRD; Wearable Rehabilitation Device*). Bu cihazlar rehabilitasyon sürecine aktif olarak yardımcı olmaktadır. En tanınan cihazlar mekanik ortez ile ilişkili olanlardır ve basit bir atelden, titremeyi bastırmak için mekanik sönümleme uygulayan giyilebilir bir titreme değerlendirme ve bastırma ortezine kadar değişebilir.

Giyilebilir yardım cihazları (*WAD; Wearable Aid Device*), kullanıcının yaşam kalitesini artıran ancak rehabilitasyona yardımcı olması gerekmeyen giyilebilir cihazlardır. Ayrıca, kullanıcıların daha yüksek düzeyde bağımsızlık, sosyal ve mesleki katılım deneyimlemelerine olanak tanıyan yardımcı teknoloji cihazları olarak da tanımlanmaktadır. Bu cihazlar arasında bilişsel ve fiziksel engelli ve kronik hasta için uzun süreli fonksiyonel yardımlar bulunmaktadır. Temel uygulamalar arasında işitme cihazları ve gözlük gibi cihazlar bulunurken, daha gelişmiş uygulamalar iletişim yardımı, bellek yardımı ve bağlam bilinci sağlayabilir. Örneğin, Parkinson hastalığından muzdarip hastalara yardımcı olmak için geliştirilen PARREHA giyilebilir bilgisayar platformudur (Greenlaw et al., 2002).

5. Tartışma ve Sonuç

Bu bölümün amacı tıbbi sistemlerin antik çağdan günümüz giyilebilir teknolojilerine kadar ki gelişimi üzerine kısa bir inceleme yapmaktır. Asıl zeka ile başlayan teşhis ve tedavi yolculuğunda yapay zekanın desteğiyle yaşanan gelişmeler, uzman sistemler hakkında güncel çalışmalara dayalı bir özet oluşturulmuştur. Erken teşhisin ve etkili tedavinin önemi ortaya çıktıkça veri tabanının da değeri artmaktadır. Bilgiye mümkün olduğunca kapsamlı hakim olarak anlamlı sonuç oluşturmak daha da önemli hale gelmektedir. Bu nedenle ilk veri tabanlarının oluşturulduğu antik çağdan bu yana veri tabanlarının elde edilme, saklanma, anlamlı biçimde kullanılması ilk bölümde özetlenmiştir.

İkinci bölümde bir konuda uzman kişi ya da kişilerce yapılabilen muhakeme ve karar verme işlerini modelleyebilen bilgisayar sistemlerine yani uzman sistemlerin gelişim sürecine değinilmektedir. İyi geliştirilmiş bir uzman sistemin özellikleri arasında, konusunda uzman olan kişilerin yapabildiği tasarım, planlama, teşhis etme, yorumlama, özetleme, genelleme, kontrol etme, tavsiyelerde bulunma gibi işlemleri taklit edebilme yeteneği bulunmaktadır. Daha özelleştirilmiş olan tıbbi uzman sistemler ise, tıbbi alanlar içerisindeki yapısal soruları çözmek ve yanıtlar sağlamak amacıyla geliştirilmektedir.

Uzman sistemler yapay zekanın kullanıldığı önemli uygulama alanıdır. Yapay zeka alanında ve dolayısıyla uzman sistemlerin tasarımlarında gerçekleştirilen çalışmaların temel hedefi asıl zekanın yaptığı muhakeme yeteneği, geçmiş bilgilerden faydalanma, planlama, öğrenme, iletişim kurma, algılama ve nesneleri oynatabilme, yer değiştirebilme yeteneklerine makinele-

rin sahip olarak daha hızlı, daha fazla bilgiyi işleyebilen ve fiziksel olarak daha güçlü biçimde gerçekleştirilmesini amaçlamaktadır. Bulanık mantık, genetik algoritma ve yapay sinir ağıları uzman sistemlerin alt yapısını oluşturan temel yapay zeka yöntemleri arasında yer almaktadır. Kural tabanının oluşturulmasında kesin olamayan hükümlerin kullanılmasına imkan sağlayan bulanık mantıktaki nitelendirmeler, insanların günlük hayatta yaptığı nitelermeler gibi kesin değildir. Bu nedenle bulanık mantık tıbbi uzman sistemlerden farklıdır. Yapay zekanın gittikçe genişleyen ve evrimsel bir hesaplama tekniği olan genetik mantık, evrimsel süreç benzer bir şekilde çalışan arama ve en iyileme yöntemidir. Genetik algoritma bütünsel en iyi çözümü karmaşık çok boyutlu arama uzayında çalışırken sağlamaktadır. Genetik algortimanın temel ilkesi; doğadaki evrim süreci gibi en iyinin hayatta kalmasıdır. Önceki bölümlerde de değinilen yapay sinir ağıları , insan beyninin bilgi işleme yönteminden esinlenerek geliştirilmiştir ve basit bir biyolojik sinir sisteminin çalışma şeklini simüle eder. Yapay sinir ağıları öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma kapasitesine sahiptir.

Farklı matematik modellere dayanarak tasarlanan, zaman içinde daha iyi sonuca erişme hedefinde olan ve bu bölümde bazı örneklerine yer verilen bayes modellerden başlayarak, yapay zekaya dayalı olarak geliştirilen uzman sistemler, tıbbi alanda yaygın olarak erken teşhis ve etkili tedavinin planlanmasında büyük önem teşkil etmektedir.

Kaynakça / References

- Anliker, Urs et al. 2004. "AMON: A Wearable Multiparameter Medical Monitoring and Alert System." *IEEE Transactions on information technology in Biomedicine* 8(4): 415–27.
- Bishop, Jeffrey B et al. 1997. "Classification of Low Back Pain from Dynamic Motion Characteristics Using an Artificial Neural Network." *Spine* 22(24): 2991–98.
- Bréhier, Émile. 1947. "Science et Humanisme."
- Buchanan, Bruce G, and Joshua Lederberg. 1971. *The Heuristic DENDRAL Program for Explaining Empirical Data*. Stanford University.
- Copeland, B Jack. 2004. *The Essential Turing*. Clarendon Press.
- Diez, Iñigo URKIDI, and Itziar ALONSO Urbistondo. 2003. "Knowledge Management for Clinical Decision Making." *Proceedings of the 3rd European Knowledge Management Summer School*: 7–12.
- De Dombal, F T et al. 1972. "Computer-Aided Diagnosis of Acute Abdominal Pain." *Br Med J* 2(5804): 9–13.
- Evans, Jae A. 1999. "Electronic Medical Records System."
- Feldman, Robert P, and James T Goodrich. 1999. "The Edwin Smith Surgical Papyrus." *Child's Nervous System* 15(6–7): 281–84.
- Fotiadis, Dimitrios I, Constantine Glaros, and Aristidis Likas. 2006. "Wearable Medical Devices." *Wiley Encyclopedia of Biomedical Engineering*.
- Greenlaw, R et al. 2002. "PARREHA—Assistive Technology for Parkinson's Rehabilitation." In *1st Cambridge Workshop on Universal Access and Assistive Technology*.
- Heilman, Keri J, and Stephen W Porges. 2007. "Accuracy of the LifeShirt®(Vivometrics) in the Detection of Cardiac Rhythms." *Biological psychology* 75(3): 300–305.

- Hoskins, Josiah Collier, and D M Himmelblau. 1988. "Artificial Neural Network Models of Knowledge Representation in Chemical Engineering." *Computers & Chemical Engineering* 12(9-10): 881-90.
- McClain, James J, Gregory J Welk, Eric E Wickel, and Joey C Eisenmann. 2005. "Accuracy Of Energy Expenditure Estimates From The Bodymedia Sensewear® Pro 2 Armband: 600 Board# 192 2: 00 PM-3: 30 PM." *Medicine & Science in Sports & Exercise* 37(5): S116-17.
- McCulloch, Warren S, and Walter Pitts. 1943. "A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity." *The bulletin of mathematical biophysics* 5(4): 115-33.
- Miller, Randolph A, Harry E Pople Jr, and Jack D Myers. 1982. "Internist-I, an Experimental Computer-Based Diagnostic Consultant for General Internal Medicine." *New England Journal of Medicine* 307(8): 468-76.
- Pentland, Alex. 2005. "Healthwear: Medical Technology Becomes Wearable." *Studies in health technology and informatics* 118: 55-65.
- Piccinini, Gualtiero. 2004. "The First Computational Theory of Mind and Brain: A Close Look at Mcculloch and Pitts's 'Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity.'" *Synthese* 141(2): 175-215.
- Sawar, M J, T G Brennan, A J Cole, and J Stewart. 1992. "An Expert System for Postoperative Care (Poems)." *Proceedings of MEDINFO-92, Geneva, Switzerland*.
- Shortliffe, Edward. 2012. *2 Computer-Based Medical Consultations: MYCIN*. Elsevier.
- Sloane, Elliot, Eric Rosow, Joe Adam, and Dave Shine. 2006. "Clinical Engineering Department Strategic Graphical Dashboard to Enhance Maintenance Planning and Asset Management." In *2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference*, IEEE, 7107-10.
- Swade, Doron, and Charles Babbage. 2001. *Difference Engine: Charles Babbage and the Quest to Build the First Computer*. Viking Penguin.
- Takeda, Hiroshi et al. 2003. "Health Care Quality Management by Means of an Incident Report System and an Electronic Patient Record System." *International journal of medical informatics* 69(2-3): 285-93.
- Turing, Alan M. 1980. "Computing Machinery and Intelligence." *Creative Computing* 6(1): 44-53.
- Turing, Alan Mathison. 1990. "The Chemical Basis of Morphogenesis." *Bulletin of mathematical biology* 52(1-2): 153-97.
- Vardell, Emily, and Mary Moore. 2011. "Isabel, a Clinical Decision Support System." *Medical reference services quarterly* 30(2): 158-66.
- Yavi, Ersal, and Necla Yazıcıoğlu Yavi. 1996. *Tarih Öncesi Çağlardan Günümüze Mısır*. Yazıcı Yayınevi.
- Yüksel, Yücel. 2006. "Puslu Mantık ve Felsefi Arka Planı." *Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*.