



ULUBORLU MESLEKİ BİLİMLER DERGİSİ (UMBD)

Uluborlu Journal of Vocational Sciences

<http://dergipark.gov.tr/umbd>

BİLİŞSEL İŞLEM ÜZERİNE BİR İNCELEME

Onur SEVLİ^{1*}, Bekir AKSOY²

^{1*}Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Burdur, Türkiye.

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye.

*Sorumlu Yazar: onursevli@mehmafakif.edu.tr

(Geliş/Received: 03.11.2018 ; Düzeltme/Revised: 07.11.2018; Kabul/Accepted: 07.11.2018)

ÖZET: İcat edildikleri günden bu yana bilgisayarların mimari yapıları ve işlem yetenekleri sürekli gelişim göstermektedir. Süreç içerisinde temel hedef, bilgisayarların veri işleme biçimlerini insan beynindeki yapıya daha çok benzetmek olmuştur. Bu anlamda yapay zekâ teknolojisinin ortaya çıkışı bir dönüm noktasıdır. Ancak donanımsal yapı ve işlemci mimarisinin insan beyin yapısını taklit edememesi nedeniyle bilgisayarların zeki yönleri, işlem yetenekleri kadar hızlı gelişim gösterememiştir. Son dönemde gündeme gelen “bilişsel işlem (cognitive computing)”, insan beyin anatomisini taklit ederek oluşturulan nörosinaptik işlemci mimarisi ile düşünebilen ve karar verebilen, otonom sistemler üretmeyi amaçlamaktadır. IBM firmasının önderliğinde yapılan bu çalışmaların, önümüzdeki yıllarda bilgi işleme alanında önemli değişikliklere yol açması beklenmektedir. Bu çalışmada bilişsel işlemin temelleri, geleneksel veri işleme modelinden farklılıkları, yeni nesil işlemci yapısı ve bilişsel işlemin geleceği üzerine bir inceleme gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bilişsel İşlem, Bilişsel Bilgisayar, Makine Zekâsı, Nörosinaptik İşlemci.

A REVIEW ABOUT COGNITIVE COMPUTING

ABSTRACT: Since computers were invented the framework and process capabilities of them have made progress permanently. The primary goal within the process is to liken the styles of data processing of computers to the structure of a human being's brain. In this sense, the occurrence of artificial intelligence technology is a turning point. Because the hardware and processor frameworks cannot imitate human being's brain structure, smart aspects of them cannot make progress as their process capabilities do. “Cognitive computing”, which has come to the fore recently, aims to produce autonomous systems that can think and decide via neurosynaptic processor framework (made by imitating human being's brain anatomy). The studies done under the leadership of IBM firm are supposed to lead to considerable changes in the field of data processing within the next years. In this study, a research has been carried out upon the basics of cognitive computing, the discrepancies from the model of traditional data processing, next generation processor framework and the future of cognitive computing.

Keywords: Cognitive Processing, Cognitive Computer, Machine Intelligence, Neurosynaptic Processor.

1. GİRİŞ

İlk ürettikleri zamanlarda temel seviye aritmetik işlemleri yerine getirebilen bilgisayarların yetenekleri zaman içerisinde hızla gelişim göstermiştir. 1946 yılında ENIAC'ın ortaya çıkışı ile birlikte modern bilgisayar çağı başlamış; 1948'de transistörün keşfi, 1958'de entegre devrelerin üretimi ile gelişen süreçte 1971 yılına gelindiğinde ilk mikroişlemci üretilmiştir. Zaman içerisinde saat çarpan hızları binlerce kat artan mikroişlemciler, veri işlemede görünür sonuç üretimi açısından, insan ile yarışır hale gelmiştir[1].

Zekâ, var olan bilgileri kullanarak hızlı işlem yapma becerisini ifade eden bir kavram olduğundan günümüz bilgisayarları zeki cihazlar olarak nitelenebilir. Ancak geleneksel bilgisayarlar veri işleme sürecinde, kendilerine bildirilen talimatların sınırları içerisinde işlemleri gerçekleştirebilmektedir. Çalışan bir programın başarısız olması, işlem süresinin uzaması ya da istenilen sonucun elde edilememesi halinde bilgisayarın kendi kendine, otonom kararlar vererek alternatif yol ya da yollar üretmesi mümkün değildir. Başka bir özellik olarak bilgisayarın kamera vasıtası ile algıladığı bir görüntüyü belirli tonlardaki piksellerinden oluşan bir örüntü olarak yorumlama dışında, ne ifade ettiğini anlamlandırabilmesi mümkün görünmemektedir. Neden-sonuç, parça-bütün ilişkileri üzerinden çıkarım yapmak, alternatif çözüm yolları üretmek “akıl yürütme” kavramı ile ilişkili olup, bilgisayarlarda bulunmayan, insana has özelliklerdir.

Günümüzde insan beyninin anatomik yapısı ve fonksiyonları hakkında daha çok şey bilinmektedir. Bu noktada beynin yapısı; düşünce, algı, öğrenme gibi bilişsel süreçlerden ilham alınarak yeni bilgi işleme modelleri üretilmektedir. İşte bu fikirlerin bir sonucu olarak “bilişsel işlem (cognitive computing)” modeli ortaya çıkmıştır.

2. BİLİŞSEL İŞLEM

Hızla artan veri miktarı ve çeşitliliği sonucu alternatif veri işleme tekniklerine duyulan ihtiyaç yeni işlem sistemlerinin ortaya çıkmasını gerektirmiştir [2]. Bu süreçteki önemli gelişmelerden biri olan bilişsel işlem, insan beyninin anatomik yapısı ve düşünce sürecini taklit ederek çıkarımlar yapabilen otonom sistemler ve akıllı hesaplama teknikleri üzerine kurulu yeni gelişmekte olan bir paradigmadır [3].

Bilişsel bilime göre, bilişsel bilgi insanın elde ettiği, işlediği, sürdürdüğü ve paylaştığı bilgidir. Bu bilgi önceden tanımlı dört formda sınıflanabilir: Bilgi, deneyim, yetenek ve akıl. Bunlar arasında en gelişmiş olan akıl; iyi geliştirilmiş bir çıkarsama ve yargılamaya bağlı olarak, bir sorgu ya da direktifi, bir hareket ya da davranışa dönüştürebilen, insana ait doğal zekânın bir ürünüdür.

Geleneksel işlem modelinde bilgisayarların düşünme, tecrübelerden yararlanarak iş akışına yön verme kabiliyeti yoktur. Çıkarım insanoğluna has bir süreç olup [4], bilgisayarlar düşünme yeteneğinden yoksun ve insanlar tarafından verilen talimatlara katı bir şekilde bağlıdır. Oysa bilişsel işlem sistemleri insanların yaptığı gibi kendi kendine çıkarımlar yapıp, kararlar üretebilmektedir [5]. Programcı tarafından oluşturulan komutlar icra edilirken, çalışma sürecindeki deneysel sonuçlar ve elde edilen istatistik verilerle iş akışı için alternatif yollar üretilip, izlenebilmektedir. Bu şekilde bilgisayarlar, gerçekleşen işlemlere kendi düşünceleri ile yön verebilmektedir. Bu durum doğru sonuca daha etkin ve daha az maliyetle ulaşmayı sağlamaktadır.

Bilişsel işlemin temel amaçlarından biri de bilgisayarların, insanların ne istediklerini anlayacak şekilde kullanıcı dostu olmalarını sağlamaktır. Bu doğrultuda IBM firması bilişsel işlemi, “insanların kendi kendilerine yapabildikleri gibi öğrenebilen ve insanlarla iletişime geçebilen sistemler” olarak tanımlar [6]. Bilişsel sistemler veriler üzerinden öğrenebilir, modeller üzerinden çıkarım yapabilir, insanlarla etkileşimde bulunabilir, karmaşık işlemleri kendi kendilerine yapabilirler.

2.1. Bilişsel İşlemin Temelleri

Bilişsel işlem; bilişsel bilim, kavramsal matematik ve bilgisayar bilimleri üzerine kurulu bir alandır. Bilişsel bilim psikoloji, felsefe, sinir bilim, dil bilim, antropoloji gibi disiplinleri içine alır ve algılama, öğrenme, hafıza, düşünme, bilinç gibi insan zihinsel aktiviteleri üzerinde çalışır.

İnsan düşünce sistemi kelimelerden çok kavramlar üzerine kuruludur. Bilişsel süreçte kelimelerin anlamlarında belirsizlik ve karmaşa olabilirken, kavramların anlamları kesin ve nettir. Örneğin yaz kelimesi hem bir eylem (yazmak) hem bir mevsim anlamına gelebileceğinden tek başına ifade edildiğinde bir belirsizlik söz konusudur. Ancak aynı köke sahip bu iki kelime kavramsal olarak adreslendiğinde $Y_0 = \text{yaz (eylem)}$, $Y_1 = \text{yaz(mevsim)}$ anlamları net ve eşsizdir.

Bilgisayar bilimleri açısından kelime bir bit dizisi olarak tabir edilir. Geleneksel hesaplar sistemleri bitsel verilerle işlem yaparken bilişsel sistemler kavramlarla çalışır. Bu nedenle işlem sürecinde kavramsal(sembolik olmayan) matematik kullanılır. Kavramsal matematik sayıların ve serilerin ötesinde üst düzey matematiksel varlıkları, soyut nesnelere, karmaşık ilişkileri, algısal bilgiyi, davranışsal süreci ifade etmeyi sağlar.

2.2. Bilişsel Bilgisayarlar

Bilişsel işlem araştırmalarının merkezinde, bilişsel bilgisayarların geliştirilmesi fikri vardır. Bilişsel bilgisayarlar işlevsel çıkarım, neden sonuç ilişkisi, bilgi düzenleme, öğrenme ve problem çözme gibi makine zekâsına ilişkin işlemleri somutlaştırmak amacıyla tasarlanır. Bu bilgisayarlar insan beynindeki benzer düşünme, öğrenme, algılama ve çıkarım yapma yeteneğine sahiptir.

Beyin benzeri bilgisayarlar geliştirmek için başta zekâ bilimi üzerinde çalışmalar yapılmaktadır. Zekâ bilimi insan beyninin yapısını inceleyerek; moleküler, hücresel ve davranışsal seviyede doğal zekânın prensipleri ve modelleri üzerinde çalışır. Bu disiplin, dıştaki dünyanın içsel olarak nasıl ifade edildiğini belirlemekle ilgilidir. Eğer sinir ağı beynin donanımı ise, bilinç de beyin sisteminin yazılımıdır. Zekâ bilimindeki anahtar fikir, beyin sisteminin bilinç modelini oluşturabilmektir [7].

Modern bilgisayarların mimarisi insan beyninin organizasyonundan farklıdır [8]. Beyin asenkron ve olay güdümlü çalışırken işlemcilerdeki silikon devrelerin aktiviteleri küresel bir saat darbesi ile kontrol edilir. Geleneksel bilgisayar mimarisinde hafıza ve işlem birimleri açık bir şekilde birbirinden ayrı iken, insan beyninde hafıza ve işlem birimlerinin birbirine sıkı bir biçimde bağlı olduğu görülür. İnsan beyninin karmaşık işlemleri daha basit fonksiyonel birimlerde çözümleyebilmesinden dolayı bilgisayar tasarımcıları insan beynini taklit etmeye yönelmişlerdir.

Bilgisayar sistemleri alt seviyeden üste doğru üç türde sınıflanabilir: Komutsal, otonom ve bilişsel bilgisayarlar. Komutsal bilgisayarlar, kayıtlı programlar ile kontrol edilen, program sınırları dışına çıkamayan pasif sistemlerdir. Otonom bilgisayarlar, öğretici ya da prosedürel bilgiye dayanmaksızın kendi kendine karar verebilen hedef odaklı sistemlerdir. Bilişsel bilgisayarlar ise komutsal ve otonom bilgisayarların ötesinde, düşünme, çıkarım yapma ve öğrenme gibi beyindeki doğal zekâ davranışlarını taklit eden, çok zeki sistemlerdir [9]. Geleneksel bilgisayarlar programların sınırları dâhilinde bilgi işleyen komutsal makinelerdir.

Ancak artan veri miktarı ve karmaşası, bilgi işleme için gelişmiş hesaplama tekniklerine ihtiyacı arttırmış ve bu da bilişsel bilgisayarların ortaya çıkmasını gerekli kılmıştır.

3. GELENEKSEL VE BİLİŞSEL VERİ İŞLEME MODELLERİNİN FARKLILIKLARI

İşlem kısa tanımıyla, bilgisayarın belirli bir problemi çözmek için gerçekleştirdiği mecburi komutlar dizisidir. Daha geniş bir tabirle, bir sistemin verilen bir dizi bilgi ya da komutu beklenen zeki davranışlara dönüştürmesini sağlayacak yol gösterici zekâdır. İşlem sürecinin temelinde veri nesnelere ve gerçekleştirilecek işlere ilişkin bilgiler yer alır. Bu açılardan ele alındığında geleneksel ve bilişsel işlem şu şekilde karşılaştırılabilir:

- Geleneksel işlem
 - Veri nesnelere: Soyut bitler ya da yapısal veri
 - İşlemler: Aritmetik, mantıksal ve fonksiyonel
- Bilişsel işlem
 - Veri nesnelere: Kelimeler, kavramlar, sözdizimi, semantik nesnelere
 - Temel işlemler: Sözdizimsel ve semantik analizler
 - Gelişmiş işlemler: Kavram formülizasyonu, bilgi betimleme, kavrama, öğrenme, çıkarsama, neden sonuç ilişkisi

Bunlara göre, bilişsel işlem hem veri nesnelere modeli açısından hem de gelişmiş işlem yetenekleriyle geleneksel işlemin ötesindedir. Geleneksel işlem süreci anlamsal ve kavramsal işlemler yapamazken, bilişsel işlemin temelini kavramlar ve anlamsal süreç oluşturur. Bundan dolayı bilişsel bilgisayarlar insan beynine, geleneksel bilgisayarlardan çok daha yakındır.

4. NÖROSİNAPTİK İŞLEMCİLER

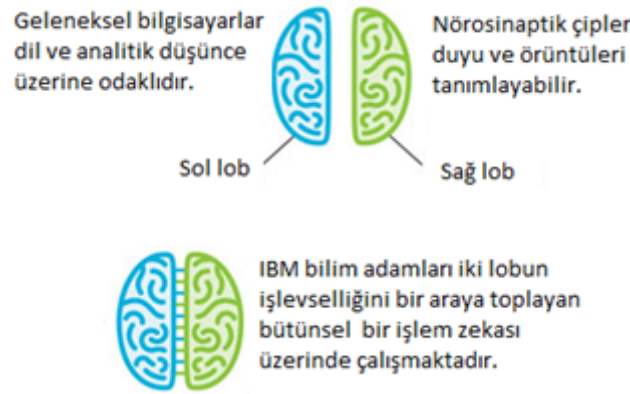
İnsan beyni milyarlarca sinir hücresinin birleşiminden meydana gelir. Her bir sinir hücresi nöron, sinir hücrelerinin bağlantı noktaları da sinaps olarak adlandırılır. İnsan beyni denildiğinde akla gelen kıvrımlı yapı serebral kortektir. Beyin kabuğu olarak da anılan bu yapı merkezi sinir sisteminin en üst kontrol noktasıdır. İşlevlerinin henüz çok azı bilinen bu bölge genel olarak yüksek düzey beyin işlevlerini, algılama ve değerlendirmeye yönelik işlevleri yerine getirir. Serebral korteks kurallı olarak tekrar eden sinir ağlarından meydana gelir. Bu yapıdan ilham alarak 2011 yılında IBM firması işlem ve hafızayı bir arada barındıran nörosinaptik bir çip üretmiştir. Nörosinaptik çipler, son 70 yılda gelişen işlemci mimarisini kökten değiştirmiş, tasarımlar tümüyle beyin modellenmiş olarak yapılmaya başlanmıştır [10].

IBM firmasının ürettiği ilk nörosinaptik işlemci olan TrueNorth isimli bu CMOS çipin ilk prototipi tek çekirdekli iken 2014 yılında çekirdek sayısı 4096'ya çıkarılmıştır. Her bir çekirdek 256 adet programlanabilir nöron yer almakta ve her bir nöronun çekirdek içindeki diğer nöronlarla iletişimini sağlayan 256 adet sinaps bulunmaktadır. Çip içinde bu şekilde 1 milyonun üzerinde nöron ve 268 milyonun üzerinde sinaps bulunmaktadır.

Temel bileşen olarak 5.4 milyar transistör içeren bu işlemciler, bileşen sayısına nazaran çok küçük boyutludur. Nörosinaptik çipler geleneksel çiplerde olduğu gibi sürekli çalışmazlar. Olay güdümlü olarak yalnız ihtiyaç halinde çalışır. Bu nedenle güç tüketimleri geleneksel Von Neumann mimarili işlemcilerden nazaran daha düşük ve yaklaşık 70 miliWatt civarındadır. Bu sayede çalışma ortamı daha az ısınmaktadır. Nörosinaptik çipler sistem performansını darboğaza sokabilen geleneksel Von Neumann mimarisini değiştirerek daha performanslı bir sistem ortaya koymuştur.

Von Neuman yapısından farklı ve beyin yapısına benzer olarak TrueNorth; paralel, dağıtık, modüler, ölçeklenebilir, hata toleransı yüksek, esnek bir mimariye sahiptir. Bu mimari içerisinde işlem, iletişim ve bellek bütünleşik haldedir ve saat darbesi sinyali yoktur [1]. Geleneksel işlemci mimarisinde global bir saat darbesi sinyali ile tüm birimler eşgüdümlü çalışır halde iken, bu mimaride her bir birim bağımsız ve asenkron olarak çalışabilmektedir. TrueNorth ile çip tasarım teknikleri, mimari yapı tamamıyla değişerek, beyinden ilham olan bir model ortaya çıkmıştır.

İnsan beyni sağ ve sol yarım küre olmak üzere iki kısımdan oluşur. Sol lob dil ve analitik düşünceye odaklı iken, sağ lob görsellik ve duygularla ilişkilidir. Hafıza ve işlevsellik bir bütün halinde yerine getirilir. IBM bilim adamları iki lobun işlevselliğini bir araya toplayan bütünsel (holistik) bir işlem zekâsı üzerinde çalışmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. IBM nörosinaptik çip tasarım modeli [11].

5. BİLİŞSEL İŞLEMİN UYGULAMA SAHALARI

Bilişsel sistemler keşif, çıkarsama, sağlık, eğitim gibi pek çok alanda bilgi yorumlama işlerini yerine getirebilir. Bilişsel işlem sistemlerinin işbirliği içinde çalışabileceği belli başlı alanlar şu şekilde sıralanabilir [12]:

- Doğal dil işleme
- Makine öğrenmesi
- Öğrenme ve adaptasyona yönelik uygulamalar
- Görsel algılama ve görüntü tanıma
- Konumsal ve kavramsal farkındalık
- Çıkarsama ve karar sistemleri
- Karmaşık örüntü tanıma
- Yapay sinir ağları
- Semantik çıkarım
- Gürültü filtreleme
- Genel algılama
- Robotik kontrol
- Duygusal zekâ

6. BİLİŞSEL İŞLEMİN GELECEĞİ

Geleneksel bilgisayarlar akıl ve duygudan yoksun olmasına rağmen, bilişsel işlem ön görüşünde gelecek beş yıl içerisinde insana ait beş duyunun özelliklerini yorumlama becerisinin

bilgisayarlara kazandırılması hedeflenmektedir. Örneğin bilgisayarlar bir görüntüyü sadece piksel olarak değil anlamsal olarak da yorumlayabilecektir. Özel aparatlarla okunan beyin sinyalleri yorumlanarak anlamlı sonuçlar elde edilebilecektir. İnsan vücut fonksiyonları akıllı çipler ile analiz edilebilecek, gerçek dünya problemleri zamanında tespit edilip çözüm üretilebilecektir. Bu amaçlar doğrultusunda IBM tarafından geliştirilmeye devam eden Watson isimli bilgisayar sistemi bulut hizmeti olarak kullanıma açılmıştır. Bilişsel İşlemin geleceğine yön verecek olan bu sistem şu temel özelliklere sahiptir [13]:

- Anlama: Watson sayesinde, içerisinde yapısal olmayan veriler, resim, ses ve videoların da bulunduğu her tür veri analiz edilip, yorumlanabilir.
- Çıkarsama: Watson sayesinde kullanıcılarının karakteristik özellikleri, ses tonu, mimik ve duyguları yorumlanarak kişisel çıkarımlar üretilebilir.
- Öğrenme: Watson ile makine öğrenmesi geliştirilen uygulamalar içerisine uzman sistem olarak dahil edilebilir.
- Etkileşim: Watson ile insanlarla diyalog kurabilen sohbet robotları geliştirilebilir.

Watson sahip olduğu güçlü karakteristik özelliklerle geleceğe dönük uygulamalara sağlam bir alt yapı oluşturmaktadır. Watson bir dizi uygulama programlama ara yüzü (API) ve uygulama yazılımı ile kullanıma sunulmuştur. API'ler üzerinden internet tabanlı uygulamalar ve yerel uygulamalar Watson'ın fonksiyonlarına erişebilir. Kullanıma sunulan örnek uygulamalar veya yardımcı kütüphaneler ile kolay bir şekilde yazılımlar geliştirilebilir. Mevcutta bulunan servisler birleştirilerek hızlı tasarımlar gerçekleştirilebilir. Bulut tabanlı bu sisteme internet erişimi olan her yerden, zaman ve mekân kısıtlaması olmaksızın bağlanılıp analiz sonuçlarına ve depolanan verilere erişilebilir.

Önümüzdeki beş yıl içerisinde hayatımıza yön verecek olan beş gelişme şu şekilde ön görülmektedir [10]:

- Bilişsel sistemler sayesinde konuşma ve el yazıları ile beden ve ruh sağlığına yönelik analizler yapılabilecektir. Ses ve yazıdaki karakteristik desenler yeni bilişsel sistemler tarafından yorumlanarak hastalıkların erken tanı, tedavi ve takibinde doktorlara büyük kolaylık sağlayacaktır.
- Yeni yüksek çözünürlüklü görüntüleme cihazları ve görüntü işleme teknikleri görünen ışık dalgalarının ötesinde daha geniş spektrumda görüntüleme yapmayı sağlayacak potansiyel ve gizli tehlikelerin tahminini kolaylaştıracaktır. Taşınabilir ve yüksek performanslı bu bilişsel cihazlar günlük hayatın her alanında kullanılabilir.
- Makine öğrenmesi algoritmaları ve yazılımları milyarlarca cihazdan aldıkları karmaşık verileri bir araya getirerek fiziksel dünya hakkında daha derin bilgiler edinmemizi sağlayacaktır. Makroskop olarak tanımlanan bu sistem mikroskobun aksine parçayı değil geniş alanda bütünü yorumlamamızı sağlayacak dünyaya ilişkin çok büyük miktarda veriyi zaman ve mekân bağlamında incelememize olanak tanıyacaktır.
- Bilişsel çipler içerisinde hizmet verecek olan nanoteknolojik sağlık dedektifleri ile vücut sıvıları incelenip hastalıklarla ilgili görünmeyen ipuçları tespit edilebilecektir. Hedef tek bir

silikon çip ile tam donanımlı bir biyokimya laboratuvarının fonksiyonunu yerine getirebilmektir.

- Akıllı sensörleri kullanan sistemler ile çevre kirliliğine yol açacak etkenler ışık hızında tespit edilebilecektir.

7. SONUÇ

İlk ortaya çıktıkları günden bu yana bilgisayarlar, insan beynine daha çok benzetilme çabasıdadır. Yapay zeka faaliyetleri ile yazılımsal boyutta başlayan gelişim, nörosinaptik işlemci mimarisi ile beyni fiziksel olarak da taklit eder hale gelmiştir. Bu sayede bilgisayarlar hızlı işlem yapma kabiliyetleri yanında, çıkarsama ve düşünme yetilerine de erişmiştir. İnsan düşünce sistemine daha çok yaklaşarak, insana ait olan duyuşsal, mantıksal üst düzey çıkarım mekanizmalarına bilgisayarların da kavuşmasını sağlanmıştır. Günümüz bilişsel bilgisayarları insana ait beş duyu fonksiyonunu taklit edebilir, düşünce gücünü yorumlayabilir, ses ve görüntüleri anlamsal olarak inceleyebilir, duyuş analizi yapabilir, olağanüstü durumlar için erken uyarı ve tedbir üretebilir, mikro boyutta pek çok tanı ve teşhis fonksiyonunu yerine getirebilir bir hal almıştır. Hızlı işlem gücünü belirten zeka yanında bilgisayarlar, tecrübelerden yararlanıp gelecekte daha doğru kararlar vermeyi sağlayan akli özellikleri de taklit eder olmuştur. Önümüzdeki yıllarda insan güdümünde gerçekleştirilen pek çok kontrol, önlem ve iş süreci bilişsel bilgisayarlar ile gerçekleştirilebilecektir. Öğrenebilen makineler yaşamın pek çok sahasında hayatı kolaylaştırmaya devam edecektir.

KAYNAKLAR

- [1] Modha, D.S. Introducing a Brain-inspired Computer, (2014). <http://www.research.ibm.com/articles/brain-chip.shtml> (Erişim tarihi: 21.08.2015).
- [2] Banavar, G.S. (2015). Watson and the era of cognitive computing, In Pervasive Computing and Communications (Per-Com) IEEE International Conference on, St. Louis, MO, USA, 95.
- [3] Wang, Y. (2009). Cognitive Computing and machinable thought. Cognitive Informatics, 8th IEEE International Conference, Kowloon, Hong Kong, China, 6-8.
- [4] Wang, Y. (2011). On inference algebra: A formal means for machine reasoning and cognitive computing, Cognitive Informatics & Cognitive Computing, 10th IEEE International Conference on, Banff, AB, Canada, 4-6.
- [5] Varghese, D., & Shankar, V. (2014). Cognitive computing simulator-COMPASS, Contemporary Computing and Informatics (IC3I), 2014 International Conference on, Mysore, India, 682-687.
- [6] Earley, S. (2015). Cognitive Computing, Analytics, and Personalization. IT Professional 2015; 17(4), 12-18.
- [7] Wang, Y. (2010). Cognitive computing and World Wide Wisdom (WWW+) Cognitive Informatics (ICCI), 9th IEEE International Conference on, Beijing, China, China, 4-5.
- [8] Papadimitriou, C. (1994). Computational Complexity; Addison-Wesley, UK; 523 pp.
- [9] Wang, Y.; Berwick, R.C. (2011). Haykin, S.; Pedrycz, W.; Baciu, G.; Bhavsar, V.C.; Gavrilova, M.; Kinsner, W.; Zhang, D. Cognitive Informatics in Year 10 and Beyond: summary of the plenary panel. In Cognitive Informatics & Cognitive Computing (ICCI* CC), 10th IEEE International Conference on, Banff, AB, Canada, 11-22.

- [10] IBM Research. IBM 5 in 5, (2017). <http://research.ibm.com/5-in-5> (Erişim Tarihi:19.03.2017).
- [11] IBM Research. Brain Power, (2014). <http://www.research.ibm.com/cognitive-computing /brainpower> (Erişim Tarihi: 20.08.2015).
- [12] Cognitive Computing Forum. Cognitive Computing, (2014). <http://www.cognitivecomputingforum.com> (Erişim Tarihi: 27.08.2015).
- [13] IBM Watson. Go beyond artificial intelligence with Watson, (2017). <https://www.ibm.com/watson/?lnk=ushpv18c8&lnk2=learn> (Erişim Tarihi: 18.03.2017).

Makaleye Atıf Yapmak için : Sevli, O., Aksoy, B. (2018). Bilişsel İşlem Üzerine Bir İnceleme. *Uluborlu Mesleki Bilimler Dergisi*. vol. 1, no. 1 p. 38-45.