



Nano Sistemlerde Hücreler Arası Haberleşmenin Analiz Edilmesi

İbrahim Işık^{1*}, M. Emin Tağluk², Esmem Işık³

^{1,2} İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

³ Turgut Özal Üniversitesi, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Malatya, Türkiye

ibrahim.isik@inonu.edu.tr, mehmet.tagluk@inonu.edu.tr, esme.isik@ozal.edu.tr

Öz

Farklı canlı türleri farklı zeka seviyelerine sahip olduğundan, akıl ve zekanın beyinle bir bağlantısının olabileceği düşünülmektedir. Akıl, bilinç ve zeka insanlık tarihinden beri bilim insanlarını etkileyen en etkileyici kavramlar arasında olmuştur. Ancak bilinci, yalnızca sinir sisteminin veya beynin bir ürünü olarak görmenin de uygun olmayacağı düşünülmektedir. Beynin, yaratıcılık, düşünce ve duygu vs. gibi organizasyonlardan sorumlu olduğu bilinmektedir. Bilincin varlığı için ise sinir sistemi veya beynin gerekli olmadığı birçok çalışma tarafından daha önce ispatlanmıştır. Bunun en basit örneği bitkilerin herhangi bir sinir sistemi veya beyni olmamasına rağmen güneşe yönelebilmeye bilinçlerinin olmasıdır. Bilinçli bir nano haberleşme modelin tasarlanabilmesi için öncelikle biyolojik canlıların ürettiği sinyallerin tasarlanan bu model ile elde edilmesi gerektiği düşünülmektedir. Çünkü canlıların bütün hücrelerinin bu sinyaller (aksiyon potansiyel) aracılığı ile birbiri arasında iletişim kurduklarına inanılmaktadır. Bu sebeple bu çalışma kapsamında, biyolojik hücrelerin ürettiği aksiyon potansiyel sinyaline neredeyse birebir benzer sinyal üreten elektronik bir devre tasarlanmıştır. Üretilen aksiyon potansiyelin gerçek bir nöron hücresinin ürettiği aksiyon potansiyele yakın olabilmesi için literatürdeki elektronik modellerde kullanılan elemanlar incelendikten sonra böyle bir sistem geliştirilmiş ve bu sistemde kullanılan parametrelerin değeri de yine üretilen aksiyon potansiyelin benzerliğini arttıracak şekilde uzun süren denemeler sonunda hassas bir şekilde tespit edilmiştir. Daha sonra ise tasarlanan model ile iki hücrenin birbiri ile haberleşmesinden elde edilen veriler incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yapay zeka, Yapay bilinç, Nano sistemler, Unipolar junction transistör

Analyzing of Intercell Communication in Nano Systems

Abstract

Since different living species have different intelligence levels, it is thought that intelligence and mind may have a connection with the brain. Mind, consciousness and intelligence have been among the most influential concepts that have influenced scientists since human history. However, it is thought that it would not be appropriate to view consciousness only as a product of the nervous system or the brain. Your brain, creativity, thoughts and emotions etc. It is known to be responsible for such organizations. It is previously defined in several studies that the brain or nervous system is not necessary for the presence of consciousness. The simplest example of this is that plants do not have any nervous system or brain, but have the consciousness to turn towards the sun. In order to design a conscious nano communication model, it is thought that the signals produced by biological cells must be obtained with this designed model. Because it is believed that all the cells of living things communicate with each other through these signals (action potentials). For this reason, within the scope of this study, an electronic circuit that produces an almost same signal to the action potential signal produced by biological cells has been designed. In order for the produced action potential to be close to the action potential produced by a real neuron cell, such a system was developed after examining the components used in the electronic models in the literature, and the value of the parameters used in this system was determined precisely after long trials, again increasing the similarity of the produced action potential. Then, the data are obtained from the communication of two cells with each other with the designed model were analyzed.

Keywords: Artificial intelligence, Artificial consciousness, Nano system, Unipolar junction transistor

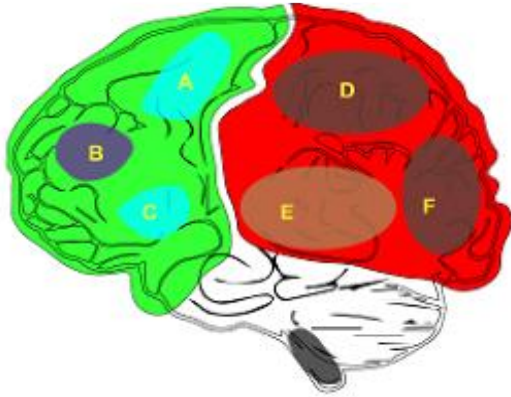
* Sorumlu yazar.
E-posta adresi: ibrahim.isik@inonu.edu.tr

Alındı : 19 Nisan 2021
Revizyon : 20 Temmuz 2021
Kabul : 9 Ağustos 2021

1. Giriş (Introduction)

1.1. Biyolojik bilinç (Biological consciousness)

Bilinç kavramı, bilimsel ve klinik öneme sahip nörobilim ve nörobiyolojik bilimin bir konusudur. Bilinç ağı ile ilgili olarak bilinç araştırmalarındaki en son ilerleme (Zhao et al. 2019) tarafından nöro cerrahi perspektifinden incelenmiştir. Bu çalışmaya göre bilincin iki temel özelliği vardır. Bunlar, uyanıklık ve farkındalık. Tıp literatüründe bilinç, Şekil 1'de gösterildiği gibi A, B, C, D, E ve F korteksi gibi bölümlere ayrılabilir. Burada A, birincil motor korteksi, B, dikkat veya çalışma belleği, C, sözlü rapor, D, diğer bilinç içeriği, E İştisel bilinci ve F görsel bilinci göstermektedir (Zhao et al. 2019).



Şekil 1. Bilincin beyindeki nörobiyolojik dağılımı (Zhao et al. 2019) (Neurobiological distribution of consciousness in the brain)

Beynin tüm bu korteks bölümleri, özellikle prefrontal ve posterior oksipital korteksler ve klostrum olmak üzere, bilinç oluşumunda önemli bir rol oynar. Beyindeki korteksi Şekil 1'de gösterildiği gibi varsayarsak, bilincin tek bir beyin bölümünden (korteksinden) kaynaklanmadığını bunun yerine yerel olarak oluştuğunu kabul etmemiz gerekir. Bilincin nörobiyolojik mekanizmalarını anlamak için, bilinç oluşumunun tüm kritik çekirdek işlevlerini ve temel beyin parçalarının serebral korteksinin birbirine bağlanması gerekir (Zhao et al. 2019). Bilincin, DNA'sında kodlanmış içgüdüsel talimatlara göre çalışan birbirine bağlı sinir hücresi ağları olduğuna inanılmaktadır. Ayrıca her nöronun, tüm beyinde neler olup bittiğinin farkında olmadan sadece bazı fizik yasalarını takip ederek görevini yerine getirdiği bilinmektedir (Marchetti 2018).

1.2. Yapay zeka (Artificial intelligence)

Son yıllarda, articial intelligence-yapay zeka (AI-YZ) ve makine öğrenimi alanlarında dikkate değer bir ilerleme kaydedilmiştir. Önümüzdeki yıllarda, akıllı otonom, tıp, genetik, ilaç tasarımı ve robotik gibi çeşitli alanlardaki YZ uygulamalarının daha da artacağı öngörülmektedir. Yapay zekanın 1950'lerde ortaya çıkışından bu yana insanlar, kendileri gibi öğrenen ve

düşünen makineler yapmak istemişlerdir (Lake et al. 2017). Literatürde tıp, mühendislik ve hatta din alanlarında farklı bilinç tanımına sahip birçok çalışma bulunmaktadır (Bilal Er and Aydilek 2019; Kinouchi, MacKin, and Hartono 2018; Xu et al. 2019). Günümüz teknolojisi ile bilincin tam olarak mekanizmasını veya çalışma prensibini tanımlamanın imkansız olduğu düşünülmektedir. Bilim insanları uzun bir süredir, yapay sinir ağı (YSA) gibi matematiksel, mantıksal veya benzetim çalışmaları ile bilinci tanımlamak için birçok çalışma yapmışlardır. Yapay zeka olarak da adlandırılan YSA ile beyin bilincinden ilham alınarak bilinçli modellerin geliştirilmeye çalışıldığı sistemler son zamanlarda literatürde görülmektedir (Lake et al. 2017; Zhao et al. 2019). Stephen Hawking, 2014 yılında BBC'de, yapay zeka teknolojileri hakkında yaptığı bir konuşmada "Yapay zekanın gelişmesinin insan ırkının sonunu getirebileceğini düşünüyorum" demiştir. Tesla'nın CEO'su Elon Musk ise, 2017'de "Yapay zeka teknolojisi insan uygarlığının varlığı için temel bir risktir" demiştir (Kak n.d.). YZ'dan önce yapay sinir ağlarının (YSA) tanımlanması gerekmektedir çünkü YZ sistemleri YSA kullanılarak geliştirilmektedir.

Yapay sinir ağlarını modellemek için denetimli veya denetimsiz öğrenme algoritmaları kullanılmaktadır. Mevcut çeşitli sinir ağı mimarileri ve öğrenme algoritmaları arasında, Kohonen'in self organizing map (SOM) (Banfield and Raftery 1992; Barreto et al. 2002; Eter and As 2002), en önemli sinir ağı modellerinden biridir. Bu model, denetimsiz öğrenme algoritmasına sahip, retina - korteks haritalaması ile motive edilen ilişkisel bellek modeli için geliştirilmiştir. SOM, girişten çıkışa haritalama sağlayabilir. SOM, sensörlerden beyin korteksine kadar topografik haritalamanın matematiksel bir modelidir. (Yin 2008), SOM'u biyolojik olarak inceleyerek ve Hebbian öğrenmeye dayalı retina - korteks haritalamasının basitleştirilmiş ve teorik bir matematiksel modeli olduğu gösterilmiştir.

Başka bir YSA modeli, "System applying High Order Computational Intelligence" (SHOCID) projesi ile (Neukart et al. 2012) tarafından önerilmiştir. Kortikal YSA'lar, girdi verilerinin yalnızca bir veya daha fazla yatay gizli katmanda (veya kortekste) değil, birkaç paralel gizli katmanda işlenmesiyle karakterize edilir. Giriş, YSA'nın her bir korteksinde ileriye doğru beslenir (Neukart et al. 2012). Yapay zeka konusu yaklaşık 1960'dan beri çalışılan ve insan zekasının yapay olarak bilgisayarlarda yeniden üretilmesine amaçlayan bir konudur. Zeka, sadece bir insan karakteri değildir veya insan beyniyle sınırlı değildir. Zeka, doğal ya da fiziksel bir olgunun bir biçimi olarak düşünülmelidir. Dinamik denge fikrinin otonom uyarlamalı sistemlerde bilgi işlemeye uygulanmasıyla "zekayı ne yapar" sorusunun çözülebileceği düşünülmektedir. Biyolojik bilinç, YSA ve YZ açıkladıktan sonra yapay bilinç tanımının yapılması daha doğru olacaktır.

Biyolojik bilinçten ilham alınarak geliştirilen yapay bilinç (YB) sistemleri, son yıllarda birçok bilim insanı tarafından artan bir şekilde çalışılmaktadır (Buttazzo

2008; Kinouchi et al. 2018). Bir makinenin bilinçli olabilmesinin ancak yapay zeka ve biyolojik bilincin; nöroloji, fizyoloji ve mühendislik disiplinlerinin yardımıyla birleştirilmesi ile mümkün olabileceği düşünülmektedir. Yapay ve doğa bilincine sahip sistemleri birleştirmeden önce, belki de gerçekliğin doğası sorunu tartışılmalıdır. Örneğin, bir makine parçaları ve ara bağlantıları ile tanımlanabilir mi? Felsefede iki okul vardır ve bunların konuları ontic ve epistemic olarak adlandırılır. Bu okullarda biri gerçekliğin var olduğuna, diğeri de gerçekleştiğine inanmaktadır. Var olma kelimesinin kökeni, materyalizm ile ilişkilendirilirken, gerçekleşme kelimesinin kökeni, gözlemcilere daha önemli bir rol vermektedir (Kak n.d.).

YB, bilinçli robotlar gibi birçok endüstriyel ve tıbbi alanda kullanılabilir. Örneğin, evlerimizde mutfakların bir parçası olan mutfak robotlarının bilinçlenmesi ile diğer mutfak gereçleri ile bağlantılı olarak birçok iş yapılabilir (Yamazaki et al. 2010). Ayrıca gelecekte terapatik ve hemşire robotlar için de yüksek miktarda talep olacağı tahmin edilmektedir (Simon Peter van Rysewyk 2015). Örneğin, akıllı oyuncaklar ve robotik evcil hayvanlar yaşlıları ve çocukları destekleyebilir ve onlara yardım edebilir (Amanda Sharke 2010). Bu robotların, psikolojik konularda stres yönetimi ve danışmanlığa yardımcı olmak için de kullanılabilirliği tahmin edilmektedir (Chandra 2017). (Marchetti 2018) çalışmada okuyuculara, her biri belirli bir teknik veya felsefi konuyu ele alan ve "Bilgisayarlar düşünüyor mu, yoksa sadece hesap mı yapıyorlar? İnsanlar düşünüyor mu yoksa sadece hesap mı yapıyorlar? Bilinç insanların ayrıcalığı mıdır? Bilinç, beynin yapıldığı malzemeye bağlı mı yoksa farklı bir donanım kullanılarak kopyalanabilir mi?" gibi birçok soru yöneltilmiştir. Bu sorulara günümüz teknolojisiyle cevap vermek kolay değildir. Çünkü bilgisayar bilimi, nörofizyoloji, felsefe ve hatta din gibi birçok farklı disiplini birlikte analiz etmek gerekecektir. Öte yandan, yakın gelecekte karmaşık hesaplama yapan makinelerde de yapay bilincin ortaya çıkacağına inanılmaktadır. Bu elbette kolay olmayacaktır, çünkü 1015 sinapsı simüle etmek için toplam $4 * 10^{15}$ bytes (4 milyon Gigabyte) hafıza gereklidir. Daha sonra, nöron çıktılarını ve diğer durumları depolamak için yardımcı değişkenler dahil olmak üzere tüm insan beynini simüle etmek için yaklaşık 5 milyon Gigabytes hafızaya ihtiyacaç olacaktır. Buda diğer bir soru sormamıza sebep olmaktadır. Böylesi bir hafızaya sahip bilgisayar ne zaman ve nasıl üretilecek?

(Kinouchi and Mackin 2018) çalışmasında, hisseden, düşünen, hareket eden ve öğrenen (bilinçli) insansı bir robotun gerçekleştirilmesine yönelik beyin odaklı bir kontrol sistemi mimarisi önerilmiştir. Nörobilim ve psikoloji disiplinleri, beynin temel operasyonel özelliklerini gerçekleştirmek için birlikte kullanılmaktadır. İnsan davranışının alışılmış davranış ve amaca yönelik davranış olmak üzere iki farklı davranış özelliğinden oluştuğu bilinmektedir (Dezfouli, A., and Balleine 2013). Yapay sinir ağı kullanılarak ilkel

bilince dayalı bağımsız öğrenen ve davranış kararları verebilen kavramsal bir kontrol sistemi önerilmiştir. Sistem düzeyinde bir işlev olarak bir bilinç modeli önerilmiş ve optimal davranışın hızlı karar vermesini sağlayan bir yapay sinir ağı modeli sunulmuştur. Sistemin çevreye uyarlanması için model, bir öğretmen veya bir gözetmen olmadan aktör-eleştirmen pekiştirmeli öğrenme yöntemini kullanmayı öğrenmiştir. Ve bu içerikler tüm sistemdeki ilgili fonksiyonel birimleri hızlı bir şekilde takip eden aksiyon kararı için iletilir. Bu faaliyetler, günlük yaşamımızda an be an kararlar verirken zihnimizin nasıl "farkında" olduğunu açıklar. Sistemi kontrol etmek için öğrenme yoluyla bir otonom adaptasyon sistemi kullanılır. Çünkü otonom adaptasyonun zaten hayvan beyninde kullanıldığı bilinmektedir. Kontrol sistemi, ödül ve cezayı dikkate alan, dikkate alınan değere göre kendi kararıyla hareket eden ve eylemin sonuçlarına göre kendini uyarlayan işlevsel bir birim içerir. Örneğin, sistem bir ödül aldığı anda, değerlendirme birimi hoş bir hal, ceza aldığı anda ise nahoş bir hal alır. Hoş ve nahoşluk derecesi, ödül ve cezanın derecesine göre değişir. Önerilen sistem modeli, beyin fonksiyonlarına yaklaşabilmek için maksimum verimlilikle çalışmıştır. Çünkü beynimizin, tasarım olanaklarından maksimum verimi seçen bir tür optimal tasarımdan oluştuğu düşünülmektedir. (Kinouchi et al. 2018) çalışmasında, dinamik denge altında öğrenmeyi gerçekleştiren tekrarlayan sinir ağları (recurrent neural networks-RNN) kullanılarak YSA ile bilinçli bir yapay zeka sistemi önerilmiştir. YSA'lar, (Scellie,B., Bengio 2017) tarafından önerilen dinamik denge fikrine dayalı olarak yeniden tasarlanmıştır. RNN ile önerilen modelin, beynin makroskopik bir modeli olarak daha makul olduğu savunulmuştur. Fenomenal bilincin temelini oluşturan "bilinçli his" hipotezi, aynı zamanda tekrarlayan işleme teorisini (recurrent processing theory -RPT) kapsamlı bir şekilde açıklar ve bilincin küresel nöronal çalışma alanı teorisi (global neuronal workspace theory -GNWT), "sistem düzeyinde öğrenme durumu" ile aynıdır. Bu çalışmada bilinç, bilgi sistemi perspektifinden anlatılmıştır. Bilinçli bir sistemin diğer makine öğrenme yöntemleriyle birleştirilerek deneme yanılma yoluyla dinamik ortamlara uyum sağlayabileceği iddia edilmiştir.

Literatürde biyolojik ve yapay bilinci birbirine bağlamak için başka yöntemler de kullanılmıştır. Bunlardan biri de derin öğrenme yöntemi yerine mantık kullanan sinirsel bilinç akışı (neural consciousness flow-NeuCFlow) yöntemidir. Literatürde derin öğrenme ile mantık sistemleri arasında bir boşluk olduğu düşünülmektedir. Bu boşluğu kapatmak için yazarlar, bilinçsiz akış katmanı, bilinçli akış katmanı ve dikkat akışı katmanından oluşan üç katmanlı mimariye sahip bir hesaplama yöntemi önermişlerdir. Bu model, grafik sinir ağları (graph neural networks -GNN) ve koşullu geçiş matrisleri ile uygulanmaktadır. Önerilen model, bir dizi bilgi tabanı tamamlama (knowledge base completion-KBC) yöntemini çözerek bilgi grafiği

muhakemesi için de test edilebilir. Deneysel sonuçlar NeuCFlow'un gömülü ve path tabanlı sistemleri içeren son teknolojiden daha iyi olduğunu göstermektedir (Xu et al. 2019).

Ses tanıma ve görme gibi insan duyuşsal algılarını daha iyi kopyalayabilen alanlardaki makine bilincinin özellikleri, makine ve derin öğrenme teknikleri yardımıyla son yıllarda giderek daha fazla geliştirilmektedir (Chandra 2017). Gamez tarafından, makine bilincine ilişkin bir literatür inceleme çalışması sunulmuştur. Bu çalışmada literatür, olağanüstü bilinçli makineler, bilişsel özellikler, insan bilinci ile ilişkili mimari ve dış davranış olarak değerlendirilen dört gruba ayrılmıştır (Gamez 2008). Gamez'den sonra, Reggia tarafından temel konulardaki yinelenen temalara dayalı beş kategoride makine bilinci içeren başka bir çalışma da sunulmuştur (J. A. Reggia 2013). Starzyk ve Prasad, makine bilincinin hesaplamalı bir modelini önermişlerdir (J. A. Starzyk 2011). Graziano ise dikkat ve farkındalıkla ilgilenen sosyal ve bilişsel yönlerin bilinci anlamayı desteklediğini iddia etmektedir (M. S. Graziano 2013). Graziano'nun başka bir çalışmasında, farkındalık, dikkat durumunun algısal bir yeniden inşası olarak incelenmiştir. Bu görüşe göre, diğer insanların farkındalığı hakkındaki bilgileri hesaplayan makine, kendi farkındalığımızla ilgili bilgileri hesaplayan makineyle aynı makinedir (M. S. Graziano 2011). Graziano yaptığı bu çalışmalarda "Dikkat şeması olan bir beyin, nasıl öznel farkındalığa sahip olduğu sonucuna varabilir" sorusunu cevaplamaya çalışmıştır (S. Graziano 2014).

Bilinç, felsefe temeli kullanılarak makinelere dönüştürülebilir. Farkındalığın içsel bir dikkat modeli olduğu, beynin veri işleme mekanizmasının temel bir parçası olarak görülür. Beyin vücut şeması aracılığıyla bir vücut modelini nasıl hesaplar ve bunu vücudun kontrolünde nasıl kullanır? Bu nedenle, dikkat şeması aracılığıyla basitleştirilmiş bir dikkat modelinin dikkati kontrol etmede yararlı olacağı öne sürülmüştür. Lamme, birbirlerinden tamamen ayrılmış görsel dikkat ve farkındalığın tanımlarını sunarak neden karmaşık bir şekilde ilişkili olduklarını açıklamıştır. Dikkat ve farkındalık mekanizmalarından ziyade hafıza ve farkındalık mekanizmaları arasında örtüşme olduğu iddia edilmiştir (V. A. Lamme 2003).

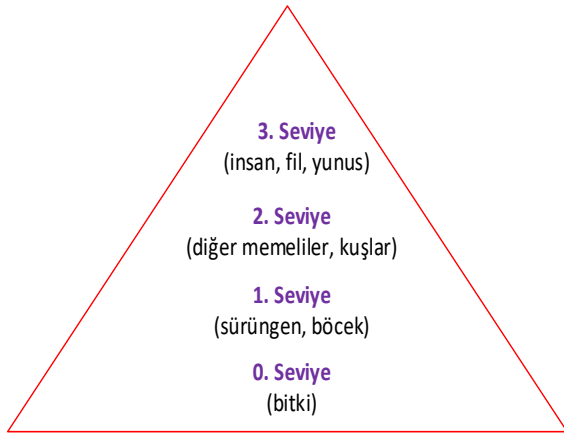
(Chandra 2017) çalışmasında, bazı mevcut bilinç modelleri incelendikten sonra olabildiğince doğal görünen robotik sistemler gibi hisseden hesaplamalı bir model önerilmiştir. Yaratıcılığın, muhakemenin ve öz farkındalığın olmaması, yapay sistemleri veya kısmen bilince sahip robotları insanlardan oldukça farklılaştıracak ve insan işgücüne özel nitelikler kazandıracaktır (P. Dario, E. Guglielmelli 2001). (Dehaene, Lau, and Kouider 2017) çalışmasında, bilincin tanımı ve bilinç ile makine arasındaki ilişki, fizyoloji, psikoloji ve mühendislik perspektifleri ile açıklanmıştır. Bu çalışmada, "bilinç" kelimesi beyindeki iki farklı bilgi işleme hesaplamasını birleştirmektedir. Bunlar: küresel yayın için bilgi seçimi, böylece

hesaplama ve rapor için esnek bir şekilde kullanılabilir hale getirilecek (C1, ilk anlamda bilinç) ve sübjektif bir kesinlik veya hata duygusuna yol açan bu hesaplamaların kendi kendine izlenmesidir (C2, ikinci anlamda bilinç). Son zamanlardaki başarılarına rağmen, mevcut makinelerin hala çoğunlukla insan beyindeki bilinçsiz işlemeyi (C0) yansıtan hesaplamalar uyguladıkları iddia edilmiştir. Bilinçsiz (C0) ve bilinçli hesaplamaların (C1 ve C2) psikolojik ve sinir bilimi gözden geçirilerek ve yeni makine mimarilerine nasıl ilham verebilecekleri açıklanmıştır. Bu çalışma basit bir hipoteze dayanmaktadır: "Bilinç" dediğimiz şey, beynin donanımı tarafından fiziksel olarak gerçekleştirilen belirli bilgi işleme hesaplamalarının sonucudur. Hesaplama özelliği açısından diğer teorilerden farklıdır. İşlenen bilginin doğası ve derinliği de dikkate alınmadıkça, salt bilgi teorik niceliklerinin bilinci tanımlamak için yeterli olmadığı düşünülmektedir. C1 ve C2'ye sahip bir makinenin sanki bilinçliyim gibi davranacağı farz edildiğinde, bir şey gördüğünü bilir, ona güveni ifade eder, başkalarına rapor eder, izleme mekanizmaları bozulduğunda halüsinasyonlara maruz kalabilir ve hatta insanlarla aynı algısal yanılsamaları deneyimleyebilir.

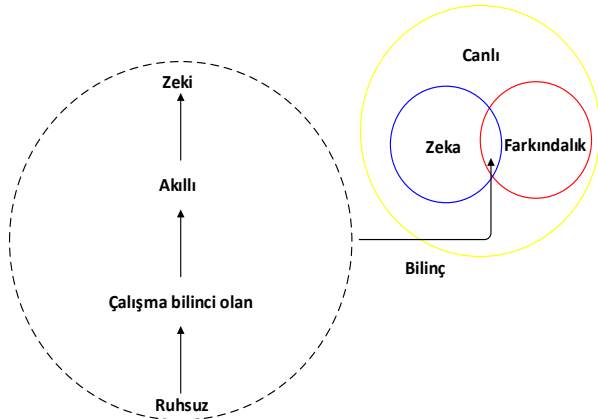
(Pandey 2018) çalışmasında yazarlar, "Yapay zekaya sahip özellikler gerçekten bilinçli olabilir mi?" sorusuna cevap bulmaya çalışmışlardır. Bu çalışmada YB, "zayıf YB" ve "güçlü YB" olmak üzere iki alt alana ayrılmıştır. Zihin ve zekanın, bilinçle yakından ilişkili olduğu ve şüana kadar yapay zekanın, yapay bilince yönelik en umut verici yol olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte, literatürde, bilinç, yapay zeka tarafından anlaşılmaya en az yatkın dil olarak kabul edilmiştir. Küresel olarak kabul edilmiş, bilinçli akıllı makine teknolojisi tasarımları ile ilgili yapılan çalışmaların hala yetersiz olduğu bilinmektedir. Bu makalede, zihin, zeka ve yapay bilinç ile ilgili farklı teorik konular analiz edilmeye çalışılmış ve canlıların bilinç piramidinin Şekil 2'deki gibi olduğu düşünülmektedir. Ayrıca bilincin farklı hesaplama yöntemleri tartışılarak makine bilinci üretme olasılığı eleştirel bir dille analiz edilmiş ve aynı zamanda bilinçli bir makinede bulunması gereken özellikler tanımlanmıştır. Yapılan çalışmada ancak zeka ve farkındalık olgularına sahip olan canlıların bilincinin olabileceği ve bilinçli canlıların da ruhsuz, çalışma bilinci olan, akıllı ve zeki şeklinde sınıflandırılabilirliği düşünülmüştür (Şekil 3). Yapılan çalışmada ayrıca "Günümüz teknolojisi ile bilinçli bir makine tasarlamak mümkün mü?", "Yapay bilinçli makineler, yapay zeka makinelerin işleyişini aşabilecek mi?" soruları tartışılarak analiz edilmiştir.

Canlı bir hücrenin akla mı yoksa zekaya mı sahip olduğu henüz tartışma konusudur, ancak bu hücrenin bilince sahip olduğu tartışılmazdır. Beynin her bir özelliğini hesaplama yolu ile tanımlamak pek mümkün değildir. Beynin bazı özellikleri bilgisayarınkine benzer olabilir, fakat bütün özellikleri benzer olmadığı bilinmektedir. Günümüzde hala araştırmacılar bilinç ve

beyin arasında bir bağlantı bulmaya çalışmaktadır ancak henüz somut bir şey bulunmuş değildir (Moravec n.d.).



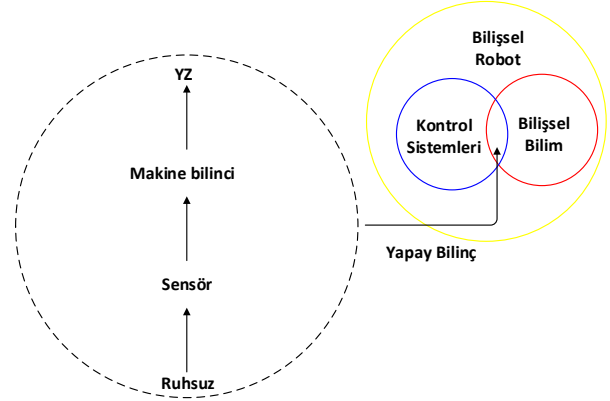
Şekil 2. Bilinç piramidinin farklı seviyelerdeki gösterimi (Pandey 2018) (Representation of the consciousness pyramid at different levels)



Şekil 3. Biyolojik bilincin hiyerarşik gösterimi (Pandey 2018) (Hierarchical representation of biological consciousness)

İlk bakışta YZ ve YB'yi ayırt etmek kolay görünse de, genel olarak YZ ile akıllı bir makine yaratılırken, YB ile bilinçli makineler yaratılmaya çalışılmıştır. Bununla birlikte, bilinç ve zeka konusu oldukça karmaşıktır ve ikisi arasındaki ayrım felsefi temellere dayanmaktadır. Aslında, geleneksel YZ'nin amacı, biyolojik olmayan bileşenler kullanılarak bilincin ilgili özelliklerini yeniden üretmektir. Yapılan çalışmada ancak kontrol ve bilişsel bilim olgularına sahip olan robotların bilincinin olabileceği ve bilinçli robotların da ruhsuz, sensörlü, makine bilinci olan ve yapay zekaya sahip şekilde sınıflandırılabilirliği düşünülmüştür (Şekil 4). Ricardo Sanz'a göre, Şekil 4'te gösterildiği gibi, YB'i modellemek için üç motivasyon vardır (Pandey 2018; Sanz R 2005). Bunlar:

1. Bilinçli makine tasarlamak (bilişsel robotik),
2. Bilinç doğasını anlamak (bilişsel bilim),
3. Bilince uyumlu kontrol sistemleri tasarlamak.



Şekil 4. Yapay bilincin hiyerarşik gösterimi (Pandey 2018) (Hierarchical representation of artificial consciousness)

Bazı araştırmacılar, bilincin hesaplama ve algoritma yöntemleri ile tasarlanamayacağına inanmaktadırlar. Buna rağmen daha sonra bazı önemli bilişsel bilinç modellerinin ortaya çıktığı görülmüştür. Bu modellerden bazıları:

- a) Moore/Turing kaçınılmaz modeli,
- b) Hofstadter–Minsky–McCarthy modeli,
- c) Daniel Dennett modeli,
- d) Perlis–Slovan modeli,
- e) Brian Cantwell Smith modeli.

Yapılan çalışmada, beyin hesaplaması hiyerarşisini kullanmadaki modülerliğinin YB oluşumunu engelleyebileceğinden bahsedilmiştir. Çünkü insan bilincinin ayrı değil sürekli bir zaman fonksiyonu olduğu bilinmektedir. Üstelik, bu durumu herhangi bir hesaplama teorisi ile açıklamak çok zordur. Çünkü, günümüz teknolojisinde kullanılmakta olan bilgisayarların henüz yeterli deneyime sahip olmadığı düşünülmektedir. Bu durum şöyle bir örnekle açıklanabilir; dijital bir klimayı kontrol sistemi kullanılarak tasarlamak mümkündür, ancak bu sistemi sıcak veya soğuk havayı hissetmesine olanak tanıyacak şekilde tasarlamak (kontrol sistemleri kullanmadan) günümüz teknoloji ile mümkün değildir. Beden, zihin, zeka ve bilinç hem birbirine bağlı hem de birbiriyle ilişkili kavramlardır. Ancak bilinç; zeka, zihin, ve bedenden anlaşılması ve tanımlanması daha zor bir kavramdır (Pandey 2018).

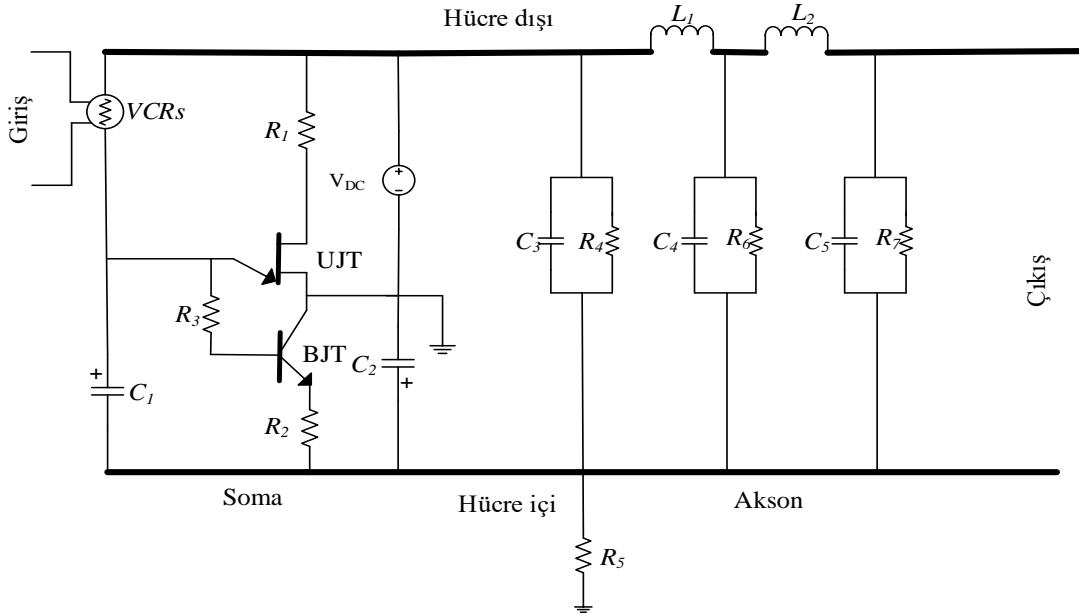
Bilinçli bir nano-haberleşme modelin tasarlanabilmesi için öncelikle biyolojik canlıların ürettiği sinyallerin tasarlanan bu model ile elde edilmesi gerektiği düşünülmektedir. Çünkü canlıların bütün hücrelerinin bu sinyaller (aksiyon potansiyel) aracılığı ile birbiri arasında iletişim kurduklarına inanılmaktadır. Bu sebeple bu çalışma kapsamında, biyolojik hücrelerin ürettiği aksiyon potansiyel sinyaline neredeyse birebir benzer sinyal üreten elektronik bir devre tasarlanmıştır. Daha sonra ise tasarlanan model ile iki hücrenin birbiri ile haberleşmesinden elde edilen veriler incelenmiştir.

2. Materyal ve Yöntem (Material and Method)

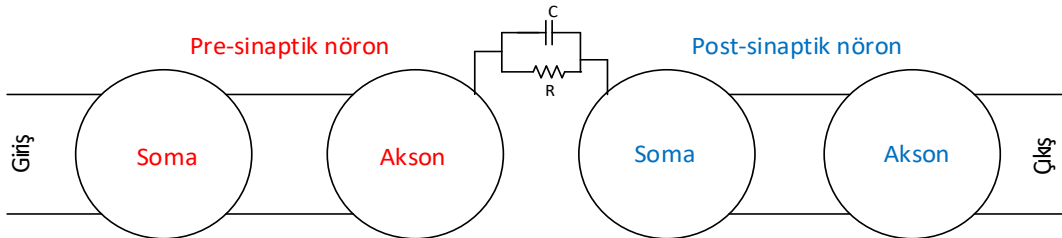
Bu çalışma kapsamında, sinir hücrelerinin haberleşmesini aksiyon potansiyellerin üretim ve iletimi ile gerçekleştirebilen bir model analiz edilmiştir. İlk olarak elektronik tabanlı bir nöro-sinaptik haberleşme modeli tasarlanarak gerçek bir nöron hücresinin oluşturduğu aksiyon potansiyeline en yakın potansiyel elde edilmiş ve elde edilen bu veriler daha sonra analiz edilmiştir.

Başlangıçta, Şekil 5'teki nöron hücresi modeli, aksiyon potansiyeli üretmek için tasarlanmıştır. Unipolar junction transistör (*UJT*) ve diğer elektronik devre elemanları kullanılarak ilk etapta Şekil 5'de görüldüğü gibi elektronik tabanlı bir nöronun soma ve akson modeli oluşturulmuştur. Nöron hücrelerinin dışarıdan gelen uyarılar ile orantılı olarak aksiyon potansiyeli ürettiği bilinmektedir. Eğer dışarıdan gelen uyarı/tepki fazla ise üretilen aksiyon potansiyelinin sıklığı/frekansı da fazla olmaktadır. Böyle hassas bir

sistemi önerilen nöron modelinde kurgulayabilmek için soma modelinin girişine dışarıdan gelen uyarıların tepkisini ölçebilmek için voltaj kontrollü bir direnç kaynağı (*VCRs*) bağlanmıştır. Bu direnç değeri giriş geriliminin değeri ile doğru orantılı olarak artıp azalabilmektedir. Dışarıdan gelen uyarının şiddeti fazla ise gerilim değeri artmakta ve dolayısıyla *VCRs*'nin değeri de artmaktadır. Sonuç olarak artan *VCRs* değeri modelden elde edilen aksiyon potansiyelinin frekansını da arttırmaktadır. Önerilen nöron soma modelinde kullanılan *UJT* açık olduğunda, hücre içi ve dışı arasında (nöron zarına) yerleştirildiği varsayılan elektronik model de aktif olur ve zardan geçen akım maksimum olur. Böylece elektronik tabanlı soma modeli darbe üretir. *UJT*'nin açık olması Bipolar junction transistör (*BJT*)'yi de aktif eder ve böylece soma zarındaki iyon kanallarının iyonik kontrolü gibi aksiyon potansiyeli de şekillenmiş olur.



Şekil 5. Tasarlanan nöron modeli (Designed neuron model)



Şekil 6. Pre ve post-sinaptik hücrelerin birleşim bölgesi olan kleftin birbirine paralel bağlı bir direnç ve kapasite ile modellenmesi (Modeling of the cleft, the junction of pre and post-synaptic cells, with a parallel interconnected resistance and capacity)

Daha sonra, ise iki nöron hücresinin birbirleri ile (aksiyon potansiyelleri kullanılarak) haberleşebilmesi için Şekil 6'daki gibi bir kleft modeli oluşturulmuştur. Şekil 6'dan görüldüğü gibi önerilen kleft modeli, bir

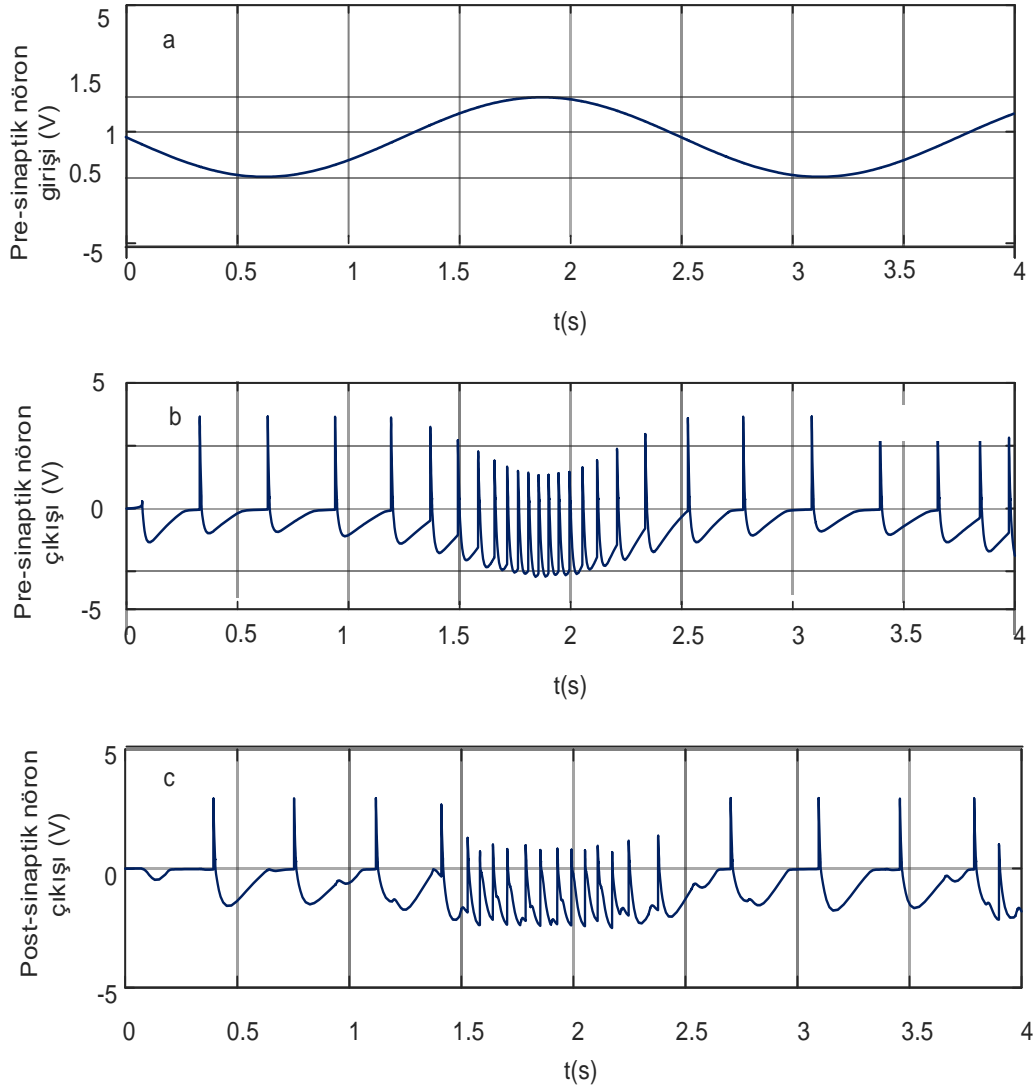
basit hali ile bir direnç ve kondansatörden oluşmaktadır. Çünkü iletilen bilgi aynen bir kondansatörün şarj ve deşarj durumu gibidir. Böylece aksiyon potansiyellerinin kleft'teki iletimi bir kondansatörün

şarj ve deşarj durumuna benzetilebilir (Savtchenko, Poo, and Rusakov 2017; Singh and Bal 2017).

3. Bulgular (Results)

Elde edilen nöro-sinaptik haberleşme modeli kullanılarak Şekil 7.a'dan görüldüğü üzere ilk-sinaptik nöronun girişine sinüzoidal bir giriş verilmiş ve Şekil 7.b'de görüldüğü gibi farklı frekanslarda aksiyon potansiyelleri ilk-sinaptik nöronun çıkışında elde edilmiştir. İlk-sinaptik nöronun çıkışı son-sinaptik nöronun girişine bağlanınca çıkışta Şekil 7.c'de görüldüğü üzere küçük bir zaman kayması ve kayıp ile son-sinaptik nöronun aksiyon potansiyelleri tekrar elde edilmiştir. Girişe 1 V DC eklenmiş genliği 0.5 V olan kare dalga verilince ise Şekil 8'den görüldüğü üzere çıkışta kare dalganın sadece pozitif tepe değerlerinde (eşik değerini geçen değerlerde) eşit frekanslı aksiyon potansiyeller elde edilmiştir.

Bu bağlamda, ilk olarak literatürde bir örneği olmayan elektronik tabanlı soma, akson ve nöro-sinaptik haberleşme modelleri tasarlanarak gerçek bir nöronun oluşturduğu aksiyon potansiyeline en yakın potansiyel elde edilmiş ve elde edilen bu veriler daha sonra Matlab benzetim programı ile analiz edilmiştir. Bu bakış açısı ile ilk olarak nöron hücrelerinin bilgi transferinde kullandığı aksiyon potansiyeli elektronik tabanlı olarak tasarlanan bir model ile elde edilmiş ve daha sonra bu aksiyon potansiyeli yine elektronik tabanlı olarak tasarlanan modelinin uçlarına başarılı bir şekilde iletilmiştir. Üretilen aksiyon potansiyelin gerçek bir nöron hücresinin ürettiği aksiyon potansiyele yakın olabilmesi için literatürdeki elektronik modellerde kullanılan elemanlar incelendikten sonra böyle bir sistem geliştirilmiş ve bu sistemde kullanılan parametrelerin değeri de yine üretilen aksiyon potansiyelin benzerliğini arttıracak şekilde uzun süren denemeler sonunda hassas bir şekilde tespit edilmiştir.

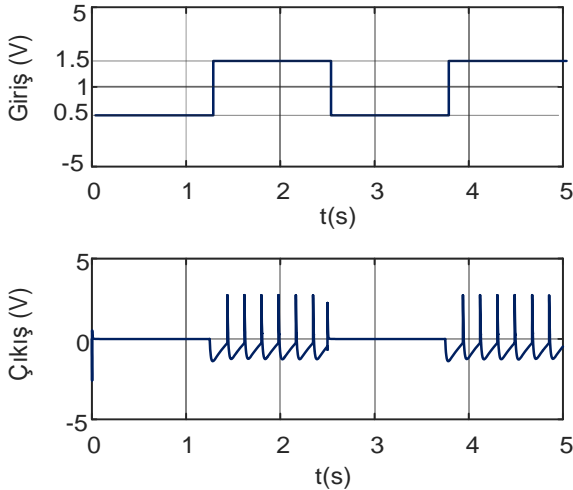


Şekil 7. a) Nöron modelinin girişine 0.5 V genliğe sahip bir sinüzoidal dalga verilince b) pre-sinaptik nöron modelinin çıkışı ve c) post-sinaptik nöron modelinin çıkışı (a) When a sinusoidal wave with an amplitude of 0.5 V is given to the input of the neuron model b) the output of the pre-synaptic neuron model and c) the output of the post-synaptic neuron model)

Önerilen nöro-sinaptik haberleşme modelinde kullanılan sistem parametreleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Elektronik tabanlı nöro-spike haberleşme modelinde kullanılan sistem parametreleri (System parameters used in the electronic based neuro-spike communication model)

Parametre	Değeri
R_1	2.2 k Ω
R_2	100 Ω
R_3	100 k Ω
R_4, R_6, R_7, R	1 k Ω
R_5	10 k Ω
C_1	10 μF
C_2	2 μF
C_3, C_4, C_5, C	1 nF
L_1, L_2	10 μH
V_{DC}	10 V
V_{CRS}	17.2 k Ω ~ 65 k Ω
V_{AC}	1sin(2 π 0.4)+1



Şekil 8. Nöron modelinin girişine 1 V DC değere 0.5 V genliğe sahip bir kare dalga eklenerek verince nöron modelinden elde edilen çıkış grafiği (Output graph obtained from the neuron model when given by adding a square wave with 0.5 V amplitude to 1 V DC value at the input of the neuron model)

4. Sonuçlar (Conclusions)

Yapay zeka alanındaki son gelişmeler, insanlar gibi öğrenen ve düşünen sistemler (YB) oluşturmaya olan ilgiyi arttırmıştır. Bu alanda yapılan çalışmalar, eğitilmiş derin sinir ağlarının nesne tanıma, video oyunları ve masa oyunları gibi görevlerde bazı açılardan insanlara eşit hatta onları yenen performansla sahip sistemlerin geliştirilmesi ile günümüzde araştırmacılar tarafından giderek artan bir şekilde çalışılmaktadır. Biyolojik esinli ve performans başarılarına rağmen, bu sistemler birçok yönden insan zekasından farklıdır (Lake et al. 2017). İnsan duyuşsal algılarını daha iyi kopyalayabilen alanlardaki makine bilincinin özellikleri, makine ve derin öğrenme teknikleri yardımıyla son yıllarda giderek daha fazla

geliştirilmektedir. Bilincin, felsefe temeli kullanılarak makinelerle dönüştürülebileceğine inanılmaktadır.

Bu bağlamda, elektronik tabanlı olarak tasarlanan nöro-sinaptik haberleşme modelinin bilinçli bir yapay zeka modeli geliştirmek için gerekli aşamaları bu çalışmada sunulmuştur. Önerilen elektronik tabanlı nöron modeli sadece UJT ve BJT gibi basit devre elemanları kullanılarak tasarlanmış ve sonuçta gerçek bir nöronun ürettiği aksiyon potansiyeline çok yakın bir aksiyon potansiyeli üreten devre tasarlanmış ve sonuçları burada verilmiştir. Daha sonraki çalışmalarda ise tasarlanan modelin bilinçli hale getirilmesi üzerine çalışmalar yapılacaktır.

Kaynaklar (References)

- Grazian, S., Webb, T. 2014. “A Mechanistic Theory of Consciousness.” *International Journal of Machine Consciousness* 6(2).
- Lamme, V. A. 2003. “Why Visual Attention and Awareness Are Different.” *Trends in Cognitive Sciences* 7(1).
- Akan, O. B. n.d. “İçimizdeki İnternet Moleküler Haberleşme ve Nanoağlar.” Retrieved February 10, 2018 (<http://panorama.khas.edu.tr/icimizdeki-internet-molekuler-haberlesme-ve-nanoaglar-154>).
- Amanda Sharke, Noel Sharkey. 2010. “Granny and the Robots: Ethical Issues in Robot Care for the Elderly.” *Ethics and Information Technology* 14.
- Banfield, Jeffrey D., and Adrian E. Raftery. 1992. “Ice Floe Identification in Satellite Images Using Mathematical Morphology and Clustering about Principal Curves.” *Journal of the American Statistical Association* 87(417):7–16.
- Barreto, Guilherme A., Aluizio F. R. Araújo, Christof Dücker, and Helge Ritter. 2002. “A Distributed Robotic Control System Based on a Temporal Self-Organizing Neural Network.” *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part C: Applications and Reviews* 32(4):347–57. doi: 10.1109/TSMCC.2002.806067.
- Bilal Er, Mehmet, and İbrahim Berkan Aydılek. 2019. “Music Emotion Recognition by Using Chroma Spectrogram and Deep Visual Features.” *International Journal of Computational Intelligence Systems* 12(2):1622–34. doi: 10.2991/ijcis.d.191216.001.
- Buttazzo, Giorgio. 2008. “Artificial Consciousness: Hazardous Questions (and Answers).” *Artificial Intelligence in Medicine* 44(2):139–46. doi: 10.1016/j.artmed.2008.07.004.
- Chandra, Rohitash. 2017. “Towards an Affective Computational Model for Machine Consciousness.” *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)* 10638 LNCS:897–907. doi: 10.1007/978-3-319-70139-4_91.
- Dehaene, Stanislas, Hakwan Lau, and Sid Kouider. 2017. “What Is Consciousness, and Could Machines Have It?” *Science* 358(6362):486–92. doi: 10.1126/science.aan8871.
- Dezfouli, A., and Balleine, B. 2013. “Actions, Action Sequences and Habits: Evidence That Goal-Directed and Habitual Action Control Are Hierarchically Organized.” *PLoS Comput. Biol.*
- Eter, P., and Andr As. 2002. “KERNEL-KOHONEN NETWORKS.” 12(2):117–35.

- Gamez, D. 2008. "Progress in Machine Consciousness." *Consciousness and Cognition* 17(3).
- Harvey Lodish, Arnold Berk, S Lawrence Zipursky, Paul Matsudaira, David Baltimore, and James Darnell. 2000. *Molecular Cell Biology*. Vol. 29.
- J. A. Reggia. 2013. "The Rise of Machine Consciousness: Studying Consciousness with Computational Models." *Neural Networks* 44.
- J. A. Starzyk, D. K. Prasad. 2011. "A Computational Model of Machine Consciousness." *International Journal of Machine Consciousness* 3(2).
- Kak, Subhash. n.d. "https://Subhashkak.Medium.Com/Artificial-Intelligence-and-Consciousness-6b5ff2e5b5a."
- Kinouchi, Yasuo, and Kenneth James Mackin. 2018. "A Basic Architecture of an Autonomous Adaptive System with Conscious-like Function for a Humanoid Robot." *Frontiers Robotics AI* 5(APR). doi: 10.3389/frobt.2018.00030.
- Kinouchi, Yasuo, Kenneth James MacKin, and Pitoyo Hartono. 2018. "A Conscious AI System Based on Recurrent Neural Networks Applying Dynamic Information Equilibrium." *CEUR Workshop Proceedings* 2287(December). doi: 10.29007/2hjj.
- Lake, Brenden M., Tomer D. Ullman, Joshua B. Tenenbaum, and Samuel J. Gershman. 2017. "Building Machines That Learn and Think like People." *Behavioral and Brain Sciences* 40(2012):1–58. doi: 10.1017/S0140525X16001837.
- M. S. Graziano. 2013. *Consciousness and the Social Brain*. Oxford University Press.
- M. S. Graziano, S. Kastner. 2011. "Human Consciousness and Its Relationship to Social Neuroscience: A Novel Hypothesis." *Cognitive Neuroscience* 2(2).
- Marchetti, Giorgio. 2018. "Consciousness: A Unique Way of Processing Information." *Cognitive Processing* 4(19).
- Moravec, Hans P. n.d. *Mind Children: The Future of Robot and Human Intelligence*. Harvard Un.
- Neukart, Florian, Sorin Aurel Moraru, Costin Marius Grigorescu, and Peter Szakacs-Simon. 2012. "Cortical Artificial Neural Networks and Their Evolution - Consciousness-Inspired Data Mining." *Proceedings of the International Conference on Optimisation of Electrical and Electronic Equipment, OPTIM* 1126–33. doi: 10.1109/OPTIM.2012.6231782.
- P. Dario, E. Guglielmelli, C. Laschi. 2001. "Humanoids and Personal Robots: Design and Experiments." *Journal of Robotic Systems* 18(12).
- Pandey, Subhash Chandra. 2018. "Can Artificially Intelligent Agents Really Be Conscious?" *Sadhana - Academy Proceedings in Engineering Sciences* 43(7):1–17. doi: 10.1007/s12046-018-0887-x.
- Sanz R. 2005. "Design and Implementation of an Artificial Conscious Machine." in *IWAC2005, Proceedings of*.
- Savtchenko, Leonid P., Mu Ming Poo, and Dmitri A. Rusakov. 2017. "Electrodiffusion Phenomena in Neuroscience: A Neglected Companion." *Nature Publishing Group* 18(10):598–612. doi: 10.1038/nrn.2017.101.
- Scellie, B., Bengio, Y. 2017. "Equilibrium Propagation: Bridging the Gap between Energy-Based Models and Backpropagation." *Front. Comput. Neurosci* 11(24).
- Simon Peter van Rysewyk, Matthijs Pontier. 2015. *Machine Medical Ethics*. Springer, Cham.
- Singh, Sushant, and Naresh C. Bal. 2017. "Membrane Biophysics." *Introduction to Biomolecular Structure and Biophysics: Basics of Biophysics* 183–204. doi: 10.1007/978-981-10-4968-2_7.
- Xu, Xiaoran, Wei Feng, Zhiqing Sun, and Zhi-Hong Deng. 2019. "Neural Consciousness Flow." 1–30.
- Yamazaki, Kimitoshi, Yoshiaki Watanabe, Kotaro Nagahama, Kei Okada, and Masayuki Inaba. 2010. "Recognition and Manipulation Integration for a Daily Assistive Robot Working on Kitchen Environments." *2010 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, ROBIO 2010* (October 2016):196–201. doi: 10.1109/ROBIO.2010.5723326.
- Yin, Hujun. 2008. "The Self-Organizing Maps: Background, Theories, Extensions and Applications." *Studies in Computational Intelligence* 115:715–62. doi: 10.1007/978-3-540-78293-3_17.
- Zhao, Tong, Yiqian Zhu, Hailiang Tang, Rong Xie, Jianhong Zhu, and John H. Zhang. 2019. "Consciousness: New Concepts and Neural Networks." *Frontiers in Cellular Neuroscience* 13(July):1–7. doi: 10.3389/fncel.2019.00302.