



Yapay Zekâda Bir Adım Daha Yapay Bağışıklık Sistemleri

“Yenilgiyi kabullenmek zorundayız. Bir zamanlar işlerimizi kolaylaştırmak için geliştirdiğimiz insansı robotlar, müthiş öğrenme yetenekleri sayesinde dünyayı ele geçirmek üzere. İnsan ırkının sonu yakın. Bu hazineyi başlangıçta tasavvur edemediğimiz bir gerçek, ama yapay zekâ gerçek zekâdan daha hızlı ve iyi işler duruma geldi ve kendi yaratıcılarını yok etmeye başladı. Maalesef..”



Science Photo Library

İnsanoğlu doğadan esinlenerek kendine özgü çözümler geliştirme yeteneğine sahiptir. Bu esinlenmelerin en son geldiği nokta yapay zekâ.

Sanki bir bilim kurgu filminin parçası gibi değil mi? Evet, yapay zekâ ile ilgili aklımıza gelen ilk şeylerden biri, yapay zekâ ile oluşturulmuş robotların insanlarla savaştığı bilim kurgu filmleri. Fakat biraz vakit harcıyıp internette gezinirseniz yapay zekânın amacının aslında böyle korkutucu bir gelecek yaratmak değil insanoğlunun geleceğini daha iyi hale getirmek olduğunu hemen görebilirsiniz. Hassas ameliyatların yapay zekâ ile oluşturulmuş robotlarla yapıldığı, insan sağlığını tehdit eden kimyasal deneylerin yapay zekâ kullanılmış sistemlerle gerçekleştirildiği, başka gezegenlerdeki araştırmaları yapay zekâ ile oluşturulmuş robotların yürüttüğü projeler ve araştırmalar yavaş yavaş gündeme gelmeye başladı bile. Yapay zekânın getirdiği kolaylıklardan günümüzde bile geniş ölçüde faydalanıyoruz. Çamaşırlarımızı otomatik programlama ile yıkayan çamaşır makinelerinden, arabalarımızda ortam sıcaklığını otomatik ayarlayan klimalara kadar pek çok alanda, yapay zekânın nimetlerinden faydalanır olduk. İnsanoğlu varlığının başlangıcından bu yana ihtiyaçlarını karşılarken giderek kas gücünden çok beyin gücünü kullanmaya başlamıştır. Yapay zekâ sistemleri ile bu değişim

eğrisi daha da yükseliyor. Sahip olduğu beyin gücü sayesinde yarattığı, ihtiyaçlarının çoğunu otomatik olarak karşılayan makineler insana daha fazla boş zaman bırakarak bilime daha fazla katkıda bulunmak için çalışma fırsatı sunuyor.

İnsanoğlu doğadan esinlenerek kendine özgü çözümler geliştirme yeteneğine sahiptir. Bu esinlenmelerin en son geldiği nokta yapay zekâ. Biz de bu yazımızda diğer yapay zekâ yöntemlerinden farklı olarak daha az bilinen bir yapay zekâ yöntemini, yapay bağımsızlık sistemlerini irdeleyecek ve size tanıtmaya çalışacağız.

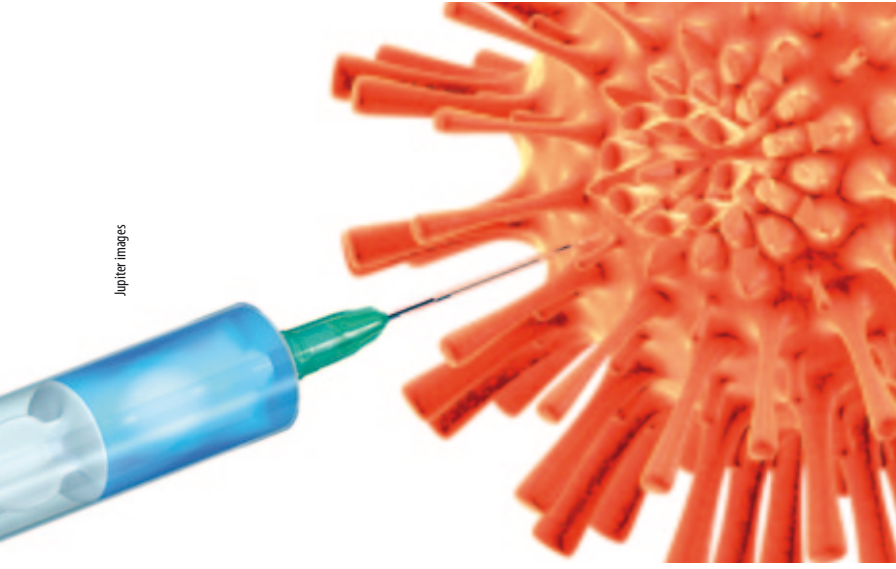
Yapay zekâ çalışmalarının başlangıcı 1940'lı yıllara dayanır. İlk çalışmalar, insan beyninin işleyişini model alan yapay sinir ağları ile 1950'li yıllarda başladı. Sinir sisteminin temel birimi olan nöronun modellenmesiyle o an için belki küçük, ama yapay zekâ çalışmalarının geleceği için oldukça büyük bir adım atıldı. 1990'lı yıllara kadar sinir sistemi hakkında bilinenler ve eldeki olanaklar yüzünden pek de hızlı bir gelişim göstermeyen yapay sinir ağları, 1990'lı yıllarda hız limitlerini aşarak Formula 1 seviyesine ulaştı denilebilir. Günümüzde kullanılan çoğu elektronik cihazda uygulanmasına rastlayabi-

Anahtar Kavramlar

Yapay Bağımsızlık Sistemleri: İnsandaki bağımsızlık sisteminin matematiksel olarak modellenip problem çözümünde kullanılmasıyla oluşan bir yapay zekâ yöntemi

Yapay Zekâ: Biyolojik sistemlerden esinlenerek oluşturulmuş, problem çözümünde kullanılan metodlar

Yapay Sistem Modelleme: Biyolojik sistemlerin işleyişinin matematiksel olarak modellenmesi



Jupiter Images

19. yüzyılda Robert Koch, patojenik mikroorganizmaların enfeksiyon hastalıklarına neden olduğunu ispatladı. Koch ve bazı bilim insanlarının 19. yüzyıldaki keşifleri bağışıklık biliminin ortaya çıkmasını sağladı.

leceğimiz yapay zekâ, çoğu kişi tarafından yapay sinir ağları ile eşdeğer tutuluyor. Yapay zekâ uygulamaları arasında geniş bir yer tutsa da, yapay sinir ağları tek yapay zekâ yöntemi değil. İnsanoglunun taklit girişimi sınır tanımıyor. Genetik bilimindeki temel mekanizmaların modellenmesi ile oluşan genetik algoritmalar, özellikle optimizasyon problemlerinde (bir amaç değer, maksimum ya da minimum olması için gerekli parametrelerin en uygun, yani optimum değerlerinin bulunması) oldukça başarılı sonuçlar elde etti. Bunun yanı sıra karınca kolonilerindeki iletişimi modelleyen yapay zekâ yöntemleri de var.

İnsan vücudundaki modellenebilecek tek sistemin sinir sistemi olmadığını fark eden araştırmacılar, bağışıklık sisteminin 1960'lı yıllardan sonra yapılan araştırmalarla daha da anlaşılır olmasından sonra bağışıklık sistemini irdelemeye başladılar. Bağışıklık sisteminde, bir yapay zekâ sistemindeki problem çözme için gerekli olan pek çok özelliğin olduğunu gördükten sonra, yapay bağışıklık sistemleri çalışmalarını başlatmış oldular. Temeli 1970'li yıllara dayandırılabilen yapay bağışıklık sistemleri ile ilgili çalışmalar özellikle 1990'lı yıllarda yoğunlaştı. Son yıllarda ise gelişimini çok fazla olmayan bir ivme ile devam ettiriyor diyebiliriz.

Bağışıklık bilimi de aslında yapay zekâ gibi yeni bir bilim. Temeli 1796 yılında Edward Jenner'in aşılama keşfetmesine dayandırılabilir. Fakat o zamanlarda henüz bağışıklık sisteminin işleyişi hakkında çok fazla bilgi yoktu. 19. yüzyılda Robert Koch, patojenik mikroorganizmaların enfeksiyon hastalıklarına neden olduğunu ispatladı. Koch ve bazı bilim insanlarının 19. yüzyıldaki keşifleri bağışıklık biliminin ortaya çıkmasını sağladı. Bu bi-

lim insanları arasında, çoğu kişi tarafından bilinen ve suççesine karşı aşı geliştiren Louis Pasteur, 1901 yılında yaptıkları keşiflerle tıp alanında ilk Nobel Ödülü'nü alan Emil von Behring ve 1908 yılında Nobel Ödülü alan Ehrlich ve Metchnikoff gibi araştırmacılar var. 20. ve 21. yüzyılda bağışıklık sisteminin işleyişi ile ilgili önemli çalışmalar yürüten araştırmacılar sayesinde, bağışıklık sisteminin işleyişi henüz tam anlamıyla anlaşılmamış olsa da pek çok açıdan ortaya çıkarıldı. Kanser gibi ciddi rahatsızlıkların tedavisi için yapılan araştırmalarda bağışıklık sisteminin işleyişinin tam olarak anlaşılması önemli rol oynuyor.

Bağışıklık sisteminin vücuttaki görevi bir ülkenin askeri birliklerinin ülke savunmasındaki görevine benzer. Savunma, gelen düşmanın (mikrobun) girdiği bölgeye ve düşmanın önemine göre, farklı sayıda ve nitelikte birlikler tarafından yapılır. Ülke sınırında nöbet tutan askerler (bağışıklık sistemindeki APC hücreleri-Antijen Sunan Hücreler) bir düşman tehdidi ile karşılaşılırsa durumu hemen bir üst kademedeki çavuşlarına (bağışıklık sistemindeki T hücreleri) rapor eder. Çavuşlar da söz konusu tehdidi subaylara (bağışıklık sistemindeki B hücreleri) iletir. Subaylar söz konusu tehdidin tehlikeli olduğunu düşünürse gerekli emirleri vererek birliklerin (bağışıklık sistemindeki antikorlar, öldürücü hücreler vb.) söz konusu tehdidi yok etmesini sağlar. Birliklerin büyüklüğü tehdidin büyüklüğüne göre değişir.

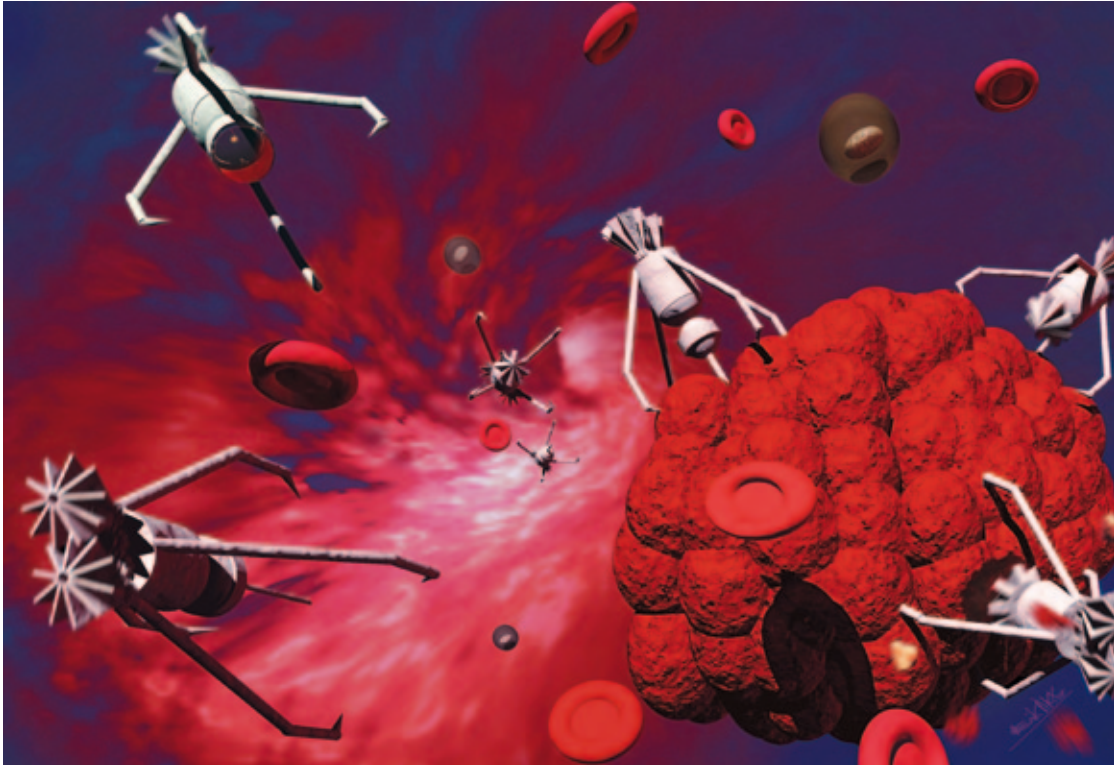
Bağışıklık sistemi görevini iki ana bağışıklık mekanizması ile gerçekleştirir. Bunlardan biri doğuştan gelen yani doğal bağışıklık. Bu mekanizma, insanda doğumdan itibaren var olan bağışıklık hücreleri sayesinde işliyor. Görevi ise vücudun karşılaştığı basit, temel mikroplara karşı ilk savunma hattını oluşturmak. Doğal bağışıklıkta vücuda mikrobun girmesiyle, görevli olan hücreler mikrobun bulunduğu bölgeye akın eder ve mikrobun etkisiz hale getirir. Mikrobun türüne ve etkinliğine göre doğal bağışıklık görevini başarıyla tamamlayabileceği gibi yenilebilir de. Bağışıklık sistemindeki ikinci bağışıklık mekanizması ise değişken bağışıklık. Bu bağışıklık mekanizması düşmana karşı asıl savunmayı yapan mekanizmadır. Değişken bağışıklık mekanizmasında görevleri farklı olan fakat birbirleri ile işbirliği içinde çalışan birçok hücre, başka bir deyişle asker vardır. Bu hücrelerin bazıları vücuda giren tehdit unsuru yabancıları belirlemekle, bazıları belirlenen yabancılar hakkındaki bilgileri diğer hücrelere iletmekle, bir kısmı bu yabancıların vücuttan atılması için gerekli işlemleri dü-

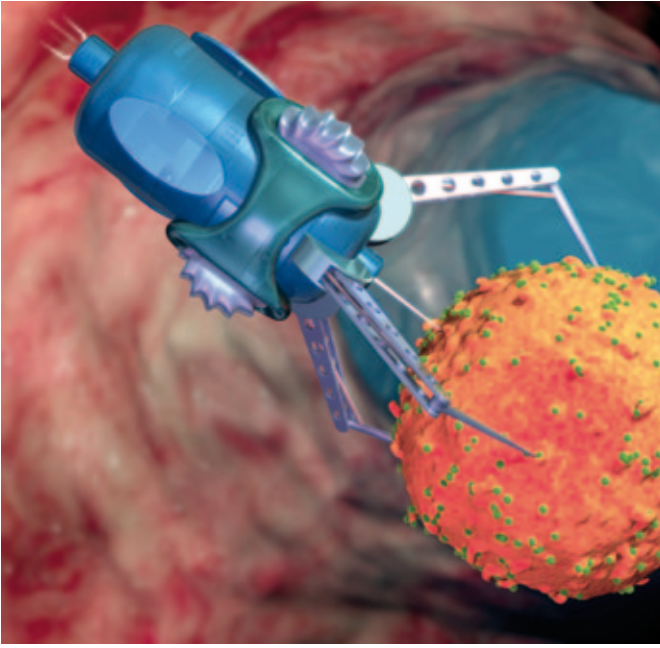
zenlemekle ve diğer bir kısmı da kendilerine verilen emirler doğrultusunda bu yabancı hücreleri yok etmekle görevlidir. Vücutta herhangi bir bölgede bir mikrobik tehdit algılandığında, bağışıklık hücreleri yukarıdaki görevleri gerçekleştirmek üzere harekete geçer. Bazı bağışıklık hücreleri, gerektiğinde mikrobu elemek için çoğalarak mikroba sayıca üstün hale gelmeye çalışır. Bu sayısal üstünlük mikrobun elenmesindeki temel etkenlerden biridir. Bağışıklık sisteminin temel görevi vücuda giren tehlikeli mikropların vücuttan atılması gibi görünse de, bu görevin gerçekleşmesinde rol oynayan bazı süreçler vardır. Bunlardan biri ve belki de en önemlisi hafıza oluşumudur. Bunu insanın hayatında karşılaştığı düşmanları ve onların yakınlarını unutamamasına benzetebiliriz. Pek çoğumuz, daha önceden bize kötülük yapmış birini ya da onun bir arkadaşını karşımızda gördüğümüzde kendimizi onun kötülüklerinden korumak için o kişinin bizimle ilişkisini kurmasına fırsat tanımadan ondan uzaklaşırız ve belki ona kötü sözler de sarf ederiz. Bağışıklık sistemindeki hücreler de karşılaştıkları düşmanlarını ve onların benzerlerini unutmaz ve o düşmanlar ile tekrar karşılaşırlarsa daha hızlı ve fazla bir tepki verirler. Buna vücudun bağışıklık kazanması denir. Hastalıklara karşı aşı yapılmasının temel mantığı da budur. Aşı ile vücuda az dozda ve vücudu sarsmayacak ölçüde o hastalığa ait mikrop enjekte edilir. Vücut bağışıklık hücreleri ile bu mikroba kar-

şı savaşır ve mikrop çok etkili olmadığı için mikropu yok edebilir. Bunun yanı sıra mikropla savaşan bağışıklık hücreleri hafıza hücreleri olarak saklanır. Yani vücut artık o mikroba karşı bağışıklık kazanmıştır. İlerleyen yıllarda aynı mikrop tekrar vücuda girmeye kalkarsa, bu hafıza hücreleri mikropu daha kısa sürede tanıyıp mikroba karşı daha hızlı ve daha fazla bağışıklık yanıtı oluşturabilir. Bu da mikrobun vücutta ciddi bir hasara yol açmadan vücuttan çabucak atılmasını sağlar.

Tam bu noktada bağışıklık sistemi ile yapay zekânın nasıl bir bağlantısı olabileceği sorusunu sorabilirsiniz. Bağışıklık sistemindeki koruma sisteminin, doğru modellendiğinde, bilgisayarlarımız için mükemmel bir virüs yazılımı haline gelebileceğini hiç düşündünüz mü? Ya da bağışıklığın kazanımında rol alan hafıza mekanizmasının kendiliğinden öğrenen otomatik yazılımlar için harika bir alt yapı oluşturabileceğini? Veya bağışıklık sistemindeki milyonlarca hücrenin birbirlerinin görevini aksatmadan, eşgüdümlü olarak mükemmel bir uyum içerisinde bağışıklığı sürdürmesinin çok elemanlı kontrol sistemlerine uyarlanabileceğini? Bunlar aslında bağışıklık sisteminden esinlenebileceğimiz sadece birkaç alan. Bağışıklığın işleyişini en ince ayrıntılarına kadar kavradığımızda, bağışıklık sisteminin yapay sistem oluşturmada ne denli geniş bir çalışma alanı sağladığı daha açık bir şekilde görülecektir.

Bağışıklığın işleyişini en ince ayrıntılarına kadar kavradığımızda, bağışıklık sisteminin yapay sistem oluşturmada ne denli geniş bir çalışma alanı sağladığı daha açık bir şekilde görülecektir.





20. yüzyılda bağışıklık sisteminin işleyişi (bağışıklık kuramı) konusunda araştırmacılar arasında bazı çelişkiler vardı. Çoğu bağışıklık teorisi tamamen kavramsaldı, yani herhangi bir matematiksel yorum barındırmıyordu. Daha sonra bu işleyişi kavramak için bağışıklık teorilerinin matematiksel olarak modellenmesi ön plana çıktı ve bu modeller sayesinde bağışıklık sisteminin daha derin ve nicelik bakımından da daha iyi kavranması olanaklı hale geldi. Matematiksel modellerle, bağışıklığın işleyişi ile ilgili değişik kuramların geçerliliğini sınamak da mümkün oldu. Bu matematiksel modeller, yapay bağışıklık sisteminin atası olarak görülebilir. Yapay sinir ağlarında, genetik algoritmalarda olduğu gibi problem çözümünde bu modellerin de kullanılabilceğini keşfeden araştırmacılar, yapay bağışıklık sistemlerinin temelini hazırlamış ve bu alanda ilk çalışmaları başlatmış oldu. 1970'li yıllardan 1990'lı yıllara kadar hem bağışıklık hakkında bilinenlerin çelişkili ve eksik olması, hem de bilgisayar biliminin gelişiminin bu güne göre daha yavaş olması nedeniyle yapay bağışıklık sistemleri üzerine yürütülen çalışmalar o yıllarda sadece emekliyordu denilebilir. Yürüme evresi 1990-2002 yılları arasında gerçekleşti. Bu yıllarda bağışıklık sisteminin işleyişine katkıda bulunan pek çok mekanizma modellendi ve problem çözümünde (virüs tespitinden, sınıflama problemlerine, robotik uygulamalarından optimizasyon problemlerine kadar pek çok alanda) uygulamalar yapıldı. Bu uygulamalar ve kuramsal modelleme çalışmaları 2002 yılından sonra hız kazandı ve yapay bağışıklık sistemleri çalışmaları koşma evresine geçti. Her ne kadar 1990 yılından itibaren

yapılan çalışmalar uygulama alanları bakımından hayli çeşitli ve doyurucu olsa da, yapay bağışıklık sistemleri ile ilgili bazı sorunlar var. Bunlardan belki en önemlisi, yapay bağışıklık sistemlerinin diğer yapay zekâ sistemlerine, özellikle de yapay sinir ağlarına genel anlamda bir üstünlük sağlayamaması. Bazı uygulama alanlarında (optimizasyon, virüs tespiti vb.) diğer yöntemlere göre daha başarılı sonuçlar elde edilmiş olsa da, yapay bağışıklık sistemleri araştırmacılar tarafından yapay sinir ağları ya da genetik algoritmalar kadar kullanılan ve tercih edilen bir yöntem olmadı. Bunun nedeni yapay bağışıklık sistemlerinin aslında yöntem olarak başarısız ve yetersiz olması değil. Asıl sorun yapay bağışıklık sistemlerinin standart bir modelleme yapısının olmaması. Örneğin bir problemi yapay sinir ağları ile çözmek istediğinizi düşünelim. Evet, yapay sinir ağlarında da bazı değişkenleri ve öğrenme kurallarını probleme göre ayarlamanız ve uygun değerleri bulmak için zaman harcamanız gerek. Fakat temel yapı yine de aynı. Yani kullanılan yapay sinir ağları modelinde, modelin yapısı ve gerçekleşen işlemler neredeyse standart. Genetik algoritmalar için de aynı şeyler geçerli. Sonuç itibarıyla bir problemi yapay sinir ağları, genetik algoritmalar veya diğer bir yöntemle çözmek istediğinizde, eğer bu yöntemleri bilmiyorsanız, biraz vakit harcar (belki en fazla 1 ay), sistemi anlayıp uygulamayı gerçekleştirirsiniz. Fakat yapay bağışıklık sistemlerinde durum biraz farklı. Yapay bağışıklık sistemlerinin böyle standart bir yapısı yok.

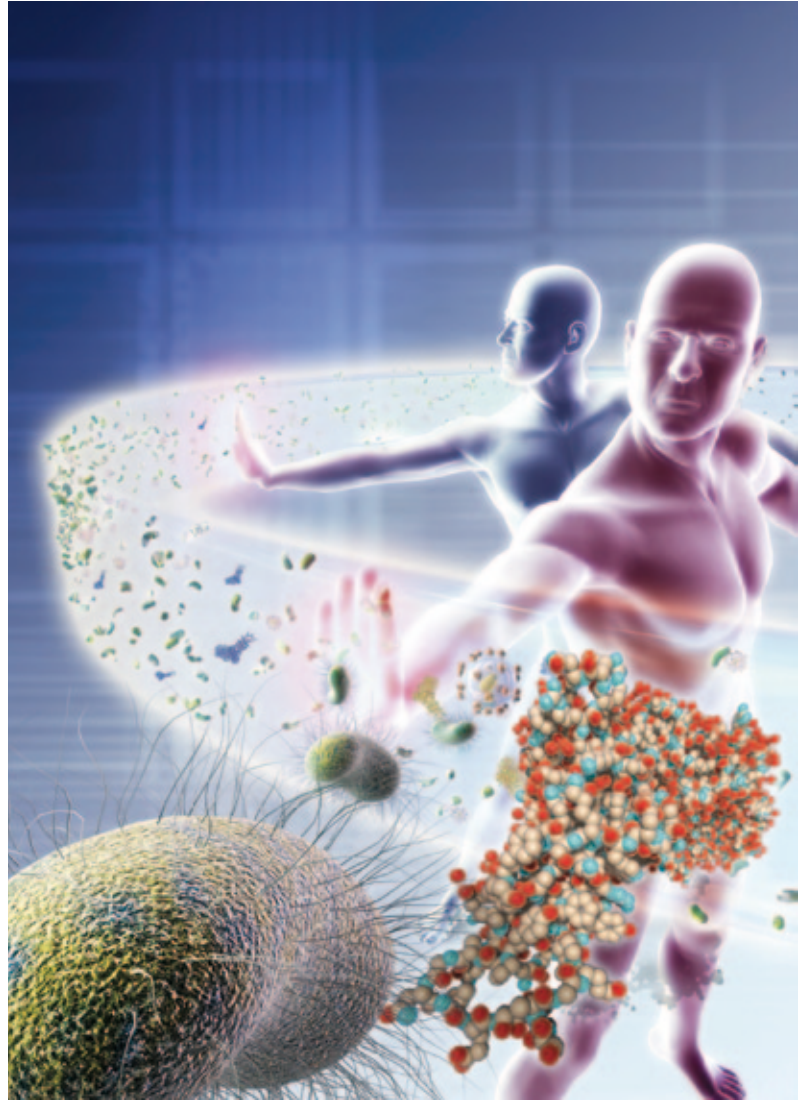


1980 Aydın doğumlu olan Seral Özşen 2002 yılında Ege Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Yüksek lisans ve doktora öğrenimini Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde tamamladı. Yapay zekâ, yapay bağışıklık sistemleri, sınıflama ve örüntü tanıma alanlarında çalışmalar yapan Seral Özşen, halen Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümünde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.

Belki bu nedenle, birkaç yapı oluştu (klonsal seçme modeli, negatif seçme modeli) ama yine de bu yapıların iyi bir performansa ulaşması için aşılması gereken bir çok problem var. Bir diğer problem ise bağışıklık sistemindeki mekanizmaların henüz doğru bir şekilde modellenememiş olması. Şimdiye kadar geliştirilen modellemeler ya sadece eldeki probleme bir çözüm getirmek için oluşturulmuş modeller (problem-tabanlı yapay bağışıklık sistemleri) ya da sadece bağışıklık işleyişini taklit eden çok kuramsal modeller (kuramsal yapay bağışıklık sistemleri). Problem-tabanlı yapay bağışıklık sistemlerinde sorun, oluşturulan yapının sadece o probleme özgü olması ve başka bir uygulama alanı için elverişli olmaması. Bu durumda araştırmacı her uygulamada kendi yapay bağışıklık sistemini oluşturmak zorunda, ki bu da bağışıklığın işleyişi dahil tüm yapay bağışıklık sistemleri kuramının anlaşılmasını gerekli kılıyor. Kuramsal yapay bağışıklık sistemlerindeki sorun ise modelin çok fazla biyolojik tabanlı olması. Eğer bir yapay zekâ modeli oluşturursanız biyolojik kaynağın sadece gerekli özelliklerini kullanmak zorundasınız, yoksa modeliniz çok gereksiz işlemleri gerçekleştirdiği için hesapsal açıdan bu sisteme bir yük getirir. Ayrıca gerekirse sistemin performansını iyileştirmek için bazı biyolojik işlemleri değiştirebilirsiniz. Fakat bire bir ölçek-

te bir biyolojik modelin taklidini yaparak bir yapay zekâ sistemi oluşturmak, uygulamada bazı sorunlara yol açabilir. Günümüzdeki çalışmalar da yapay bağışıklık sistemlerinin bu eksikliğini gidermek üzere, problem-tabanlı yapay bağışıklık sistemleri ile kuramsal yapay bağışıklık sistemleri arasında bir köprü kurmak üzerine yoğunlaşmış durumda. Yapay bağışıklık sistemleri alanında yapılan çalışmaların tartışıldığı ve paylaşıldığı bir platform olan ve 2002 yılından itibaren her sene düzenlenen ICARIS konferanslarında da çalışmaların bu yönde ilerlediği görülebilir. İlk senelerdeki konferanslarda sunulan çalışmalarda problem-tabanlı yapay bağışıklık sistemleri uygulamaları ağırlıklı iken giderek yapay bağışıklık sistemlerindeki kuramsal noktaların daha doğru ve yerinde modellenmesi için yapılan çalışmalar ön plana çıkıyor. Örneğin ilk senelerdeki çalışmalarda yapay bağışıklık sistemlerindeki hafıza oluşumu modellenirken genelde aynı mekanizma modellenmiş. Fakat son yıllarda, hafıza oluşumu için geliştirilen değişik bağışıklık kuramlarının, yapay bağışıklık sistemleri açısından ele alındığı ve modellendiği çalışmalar hayli fazla. Yapay bağışıklık sistemlerinin gelişimini kısaca şu şekilde özetleyebiliriz. Bir kişi hedefine doğru yola koyuluyor. Önce yavaş adımlarla yola çıkıyor, sonra gittiği yönün doğru olduğunu düşünerek koşmaya başlıyor ve yorulup yeniden yürümeye başlıyor. Yürürken yanlış yöne doğru gittiğini fark ediyor. Koşarken bir yerde yol ayrımı olduğunu kaçırmış olmalı. Sonra o yol ayrımını bulmak için geldiği yolu geri dönüyor. Yapay bağışıklık sistemleri de bu kişi gibi. Önce yavaş yavaş gelişmeye başladı, sonra çok hızlı bir uygulama patlaması oldu (koşma evresi) şimdi de o yol ayrımını bulmak için geldiği yolu geri dönme aşamasında. Yol ayrımını bulduğu zaman doğru bağışıklık mekanizmasının doğru modellenmesi ile hedefe ulaşacak ve yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar gibi, araştırmacıların uygulamalarında tercih edebilecekleri, hatta ilk tercih olarak uygulayabilecekleri bir yapay zekâ haline gelecek. Bu iddianın biyolojik temelleri yapay bağışıklık sistemlerinin bu potansiyele sahip olduğunu gösteriyor.

Bağışıklık ve yapay bağışıklık sisteminde yapılan çalışmaların ilerleyişinden bahsettik, iyi ama nedir bu yapay bağışıklık sistemleri diye sorduğunuzu duyar gibiyiz. Keşke anlatımı diğer yöntemler kadar kolay olsaydı da yapay bağışıklık sistemlerinin ne olduğundan bu yazımızda bahsedebseydik. Fakat yapay bağışıklık sistemlerinde birçok mekanizmanın modellenmesi ve bu modelle-



melerin de kendi içinde çeşitli olması, bunu bu yazı için olanaksız kılıyor. Bir sonraki yazımızda da yapay bağışıklık sistemlerinin içeriğinden, problem çözümünde ne şekilde kullanıldığından ve uygulandığı alanlarda nasıl performans gösterdiğinden bahsedeceğiz.

Sonraki yazımızda yapay bağışıklık sistemlerinin labirentlerinde dolaşmak üzere...

Kaynaklar

Abbas, A. K., Lichtman, A. H., Pober, J. S., *Cellular and Molecular Immunology*, W. B. Saunders Com., 1994.
 Dasgupta, D. ve Attoh-Okiné, "Immunity-Based Systems: A Survey", *IEEE SMC Kitapçığı*, Cilt 1, s. 369-374, 1997.
 Dasgupta, D., *Artificial Immune Systems and Their Applications*, Springer-Verlag, 1998.
 de Castro, L. N., Von Zuben, F. J., "Artificial Immune Systems: Part I- Basic Theory and Applications", Teknik Rapor - DCA-RT 02/00, 1999.

De Castro, L. N. ve Timmis, J., *Artificial Immune systems: A New Computational Intelligence Approach*, Springer Verlag, 2002.
 Özşen, S., "Biyomedikal Sınıflama Problemleri İçin Problem-tabanlı Bir Yapay Bağışıklık Sisteminin Geliştirilmesi ve Biyomedikal Sınıflama Problemlerine Uygulanması", Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
 Hart, E., ve Timmis, J., *Application Areas of AIS: The Past, The Present and The Future*, ICARIS, 2005.