

Mutfakta Pasta Yapıyoruz Yapay Bağışıklık Sistemleri - II

Evet, yanlış duymadınız. Pasta yapıyoruz. Yalnız, bu biraz farklı bir pasta. Malzemesi bağışıklık sistemindeki hücreler. Tarifleri de bağışıklık mekanizmaları arasından seçtik. İstedığınızı kullanabilirsiniz. Hangisi damak tadınıza uyarsa... Pişirme işine gelince, o da sizin yeteneğinize ve deneyimimize kalmış.

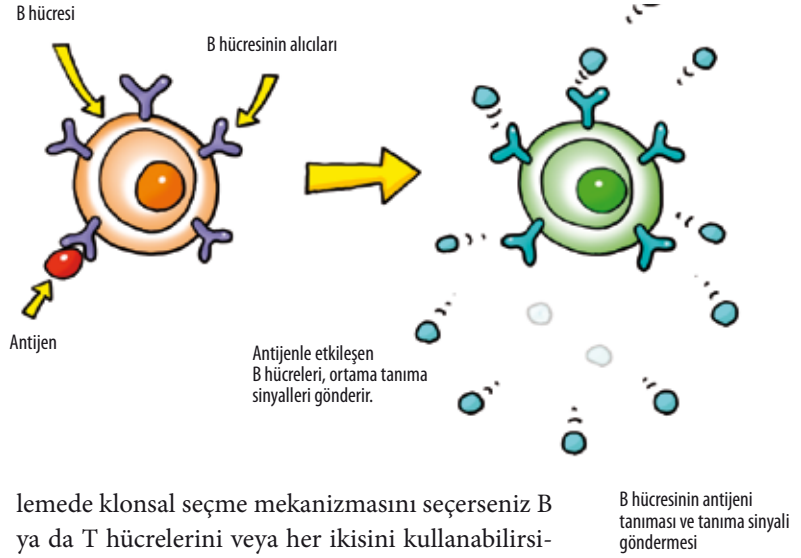


Geçen sayımızda yapay zekâ yöntemlerinden biri olan yapay bağışıklık sistemleriyle tanıştırmıştık sizleri. Doğumundan ve çocukluğundan bahsetmiştik bu genç yapay zekâ yönteminin. Bu yazımızı da yapay bağışıklık sistemlerinin kimliğine, yaptıklarına ve potansiyel olarak yapabileceklerine ayırdık. Bir yapay bağışıklık sistemi oluşturmak için ne yapılması gerekir ona değindik kısaca.

Bir biyolojik sistemi modellerken takip etmeniz gereken belirli bir yol vardır. Her şeyden önce modelleme için kullanacağınız veya modellemede esinleneceğiniz biyolojik sistemin işleyişini neredeyse o konunun uzmanları kadar iyi bilmeniz gerekir. Sonra, modelinizde kullanacağınız birimlerin ne olacağını ve bu birimlerin nasıl etkileşeceğini kararlaştırmalısınız. Bu kararı verirken gerçekleştireceğiniz modeli ne tür problemlerin çözümünde kullanacağınızı dikkate almanız gerekecektir. Yapacağınız pasta için gerekli malzemeleri tezgâhta gözünüzün önüne getirdikten sonra yapmanız gerekense malzemeleri tarife uygun bir şekilde karıştırarak pastanızı oluşturmak ve pişmesi için fırına yerleştirmektir. Bunu bir yapay bağışıklık sistemini oluşturmaya uyarlıyorsanız yapmanız gerekenler şu şekilde özetlenebilir:

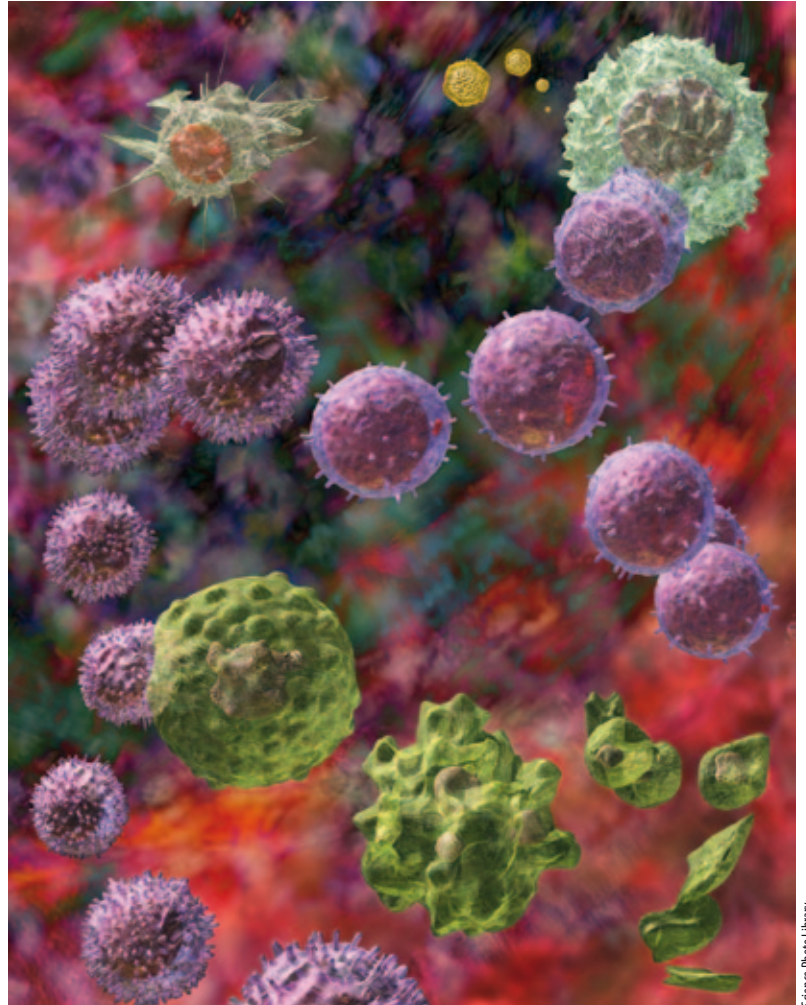
Öncelikle bağışıklık sisteminde rol alan elementler ve bu elementlerin ne şekilde çalıştığı ve mikropları elemek için hangi mekanizmalar doğrultusunda hareket ettiği anlaşılmalıdır. Sonra modelde kullanılacak olan bağışıklık birimleri ve bağışıklık mekanizmaları saptanır. Modellenecek bağışıklık mekanizmasına (yani tarife) uygun bir şekilde gerçekleştirilen modelin (yani pastanın) bazı problemlere uygulanarak performansı test edilir. Eğer performans istenen düzeyin altındaysa modelde bazı iyileştirmeler yapılarak performansın olabilecek en iyi seviyede olması sağlanır (bu da pastanın fırında kabarıp pişmesine benzetilebilir).

Bağışıklık sisteminin modellenen diğer biyolojik sistemlerden belki en önemli farkı, modellenebilecek pek çok alternatif hücre ya da birim ve ayrıca birçok mekanizma barındırmasıdır. Örneğin yapay sinir ağlarında sadece sinir sistemindeki nöronlar ve bu nöronlar arasındaki işleyiş modellenir. Bağışıklık sistemindeyse modellemede kullanabileceğiniz hücreler ve birimler, T-hücreleri, B-hücreleri, antikorlar, APC'ler (antijen sunan hücreler), öldürücü hücreler, makrofajlar vd gibi pek çok hücre arasından seçilebilir. Hangi hücre veya hücrelerin modelde kullanılacağı seçtiğiniz mekanizmaya göre de değişir. Örneğin model-



Çizim: Bilgin Ersozlu

lemde klonsal seçme mekanizmasını seçerseniz B ya da T hücrelerini veya her ikisini kullanabilirsiniz. Bağışıklık sisteminde modelinizde kullanabileceğiniz birçok mekanizma vardır. Bunlar, klonsal seçme mekanizması, negatif-pozitif seçme mekanizması, bağışıklık ağı mekanizması, hafıza oluşumu mekanizması, değişken bağışıklık mekanizması, doğumsal bağışıklık mekanizması olarak sayıla-



Science Photo Library

bilir. Detaylı bir şekilde ancak bir kitapta izah edilebilecek bu mekanizmaların hepsinden bir dergi yazısında bahsetmek pek mümkün olmasa da burada, problem çözümünde en yaygın olarak kullanılan negatif-pozitif seçme mekanizmasının modellenmesinden kısaca bahsedebiliriz.

Bağışıklık sisteminde mikropların vücuttan atılmasında rol oynayan pek çok hücre olsa da bunlar arasında en büyük payın B hücrelerine ait olduğu söylenebilir. B hücreleri bağışıklık sisteminde pek çok görev üstlenirler fakat bu görevlerin başlaması için herhangi bir sinyal ile uyarılmaları gerekir. İşte gerekli olan bu uyarım, B hücrelerinin yüzeylerinde bulunan yüzey molekülleri herhangi bir antijenik yapı ile etkileştiğinde sağlanır. Fakat B hücrelerinin antijenik yapıları tanıyıp etkin hale gelmesi sürecinde gözden kaçmaması gereken bir nokta vardır. İnsan vücudunda da antijenik yapıda pek çok molekül bulunur. Eğer B hücreleri bir şekilde bu moleküllerle etkileşirse vücudun içindeki hücreleri tanımayacağı ve bu hücrelerin öldürülmesi için gerekli işlemleri başlatmaya yönelik sinyaller salgılayacaktır. Yani bir anlamda vücudumuz kendi kendini öldürmüştür. Bu durumda B hücrelerinin vücuttaki antijenik yapılarla dışarıdan gelen antijenik yapıları ayırt etmesi gerekir. Bu da B hücrelerinin oluşumu esnasında gerçekleşir. Gelişimlerinin bir aşamasında B hü-



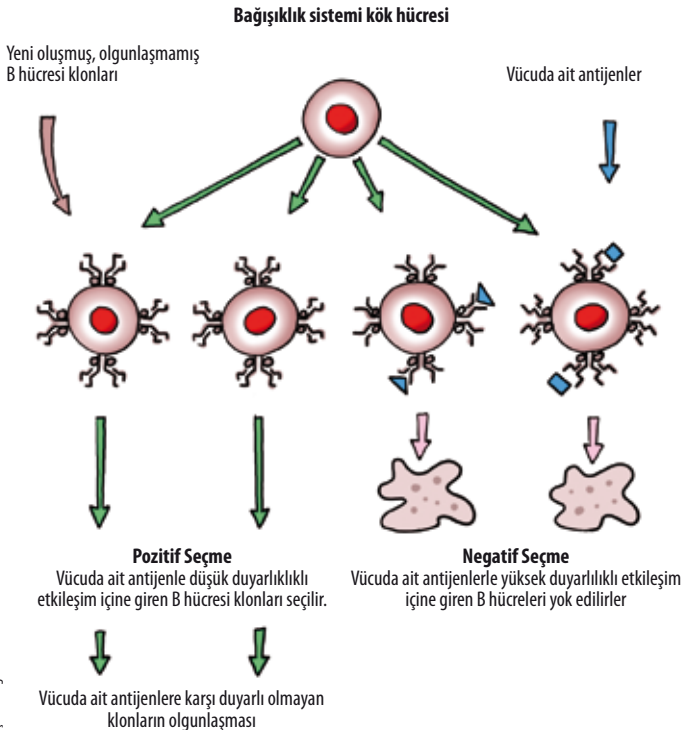
1980 Aydın doğumlu olan Seral Özgen 2002'de Ege Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Yüksek lisans ve doktora öğrenimini Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde tamamladı. Yapay zekâ, yapay bağışıklık sistemleri, sınıflama ve örüntü tanıma alanlarında çalışmalar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

relerine vücuda ait antijenik yapılar sunulur. Eğer B hücreleri bu yapıları tanırsa doğal seçmeyle yok olurlar. Dolayısıyla seçme işleminden sadece vücudun kendi antijenik yapılarını tanımayan B hücreleri başarıyla geçer ve görevini gerçekleştirmeye hazır bir şekilde dolaşıma katılır. Bir başka deyişle eğitimini tamamlayan asker artık ülke savunmasında kullanılmak üzere görev yerine atanır. Olgunlaşma esnasında gerçekleşen bu işlemler negatif-pozitif seçme mekanizması olarak adlandırılır. Yani kısaca vücut hücrelerini tanıyan B hücreleri ile tanımayan B hücreleri arasında bir ayırım yapılır.

Bağışıklıktaki mekanizmaların anlaşılması tamam da, bu mekanizmaların bir yapay sisteme aktarılması yani modellenmesi denilince, kafamız çoğu zaman biraz karışıyor. İster biyolojik olsun ister ekolojik, ister matematiksel ister kimyasal, tüm sistemler genel itibarıyla belirli elemanların bir işleyiş sırasına uygun olarak birbirleri ve dışarıdan gelen etmenlerle etkileştiği bir yapı olarak algılanabilir. Bu şekilde izah edilebilen tüm sistemler modellenilebilir. Yapılması gereken tek şey gerçekleşen işlemlerin ve rol alan birimlerin doğru bir şekilde modele aktarılması veya başka bir ifadeyle haritalanmasıdır. Bağışıklık sistemindeki birimleri modele aktarmak için kullanılagelen en genel ve basit yöntem, şekil-uzay metodu'dur. Şekil uzay yönteminde bağışıklık sisteminde modellenecek hücre veya birimler vektörlerle temsil edilir. İki hücre veya birim arasındaki etkileşimin derecesiyse modellenen vektörler arasındaki uzaklığın değeri kullanılarak elde edilir. Eğer iki vektör birbirine çok yakınsa etkileşimin derecesi az, vektörler arasındaki uzaklık oldukça fazlaysa etkileşimin derecesi de o ölçüde yüksektir.

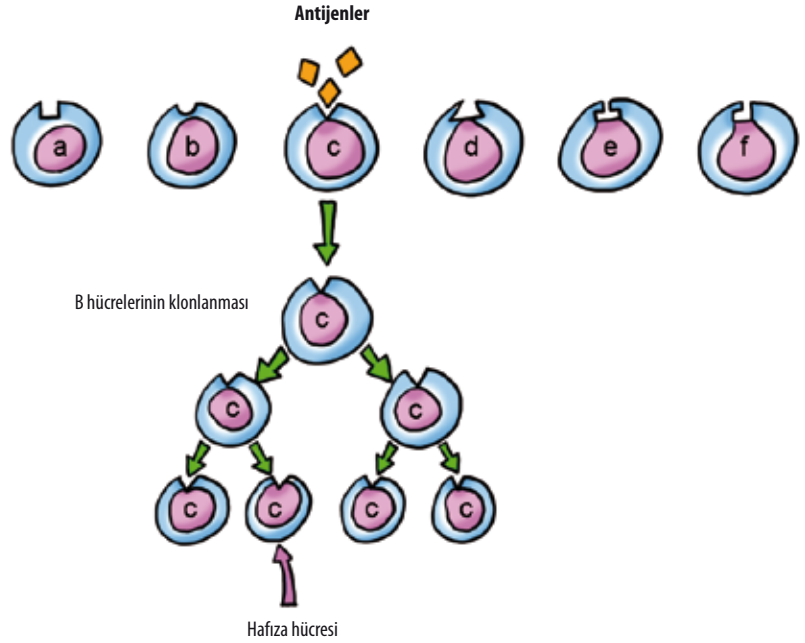
Soldaki şekilde bağışıklık sistemindeki negatif-pozitif seçme mekanizması şematik olarak görülüyor. Önce de değindiğimiz gibi olgunlaşma esnasında B hücreleri klonları (lenfosit klonları) eğer vücuda ait bir antijenik yapı ile etkileşime girmezse hayatta kalmaya hak kazanarak olgunlaşma ya da gelişim işlemine devam ederler. Öte yandan, herhangi bir şekilde bu klonlar ile vücut antijenleri arasında bir etkileşim söz konusu olursa negatif seçmeyle bu lenfosit klonları yok edilirler. Bunu bir virüs tespiti uygulaması için kullanırsanız sisteminizde korumanız gereken bilgiler ve virüsü tespit eden birimler olacaktır. Negatif-pozitif seçme mekanizmasına uyarlandığında korumanız gereken bilgiler vücuda ait antijenik yapılar olarak modellenebilir. Öte yandan virüs tespitinde görevli birimler olarak da B hücrelerini modelleyebilirsiniz. Buna göre sisteminizde korunan bilgilere karşı bir yanıt üretmeyen fakat dışarıdan bir saldırı olduğunda veya hatalı bir sistem verisi olduğunda gerekli uyarıları yapan B hücrelerini oluşturabilir ve sisteminizi bu şekilde koruma altına alabilirsiniz.

Bağışıklık sisteminde negatif-pozitif seçme mekanizması



Önceki yazımızda da değindiğimiz gibi bağışıklık sistemindeki pek çok işleyişin modellenerek problem çözümünde kullanılmaya başlanmasının üzerinden yaklaşık 15 yıl geçmesine karşın henüz bu alanda elde edilmiş kayda değer başarılarından söz edemiyoruz. Robotların bazı basit öğrenme ortamlarında otomatik olarak karar vermesinden tutun da teşhis doğruluğu çok yüksek olamayan bazı hastalıkların teşhisinde doktora yardımcı bir uzman sistem olarak kullanılmasına kadar yapay bağışıklık sistemlerinin pek çok değişik uygulamasına literatürde rastlayabiliriz. Hatta bazı uygulamalarda oldukça başarılı sonuçlara rastlamak da mümkün. Fakat yapay bağışıklığın elde edilebileceği potansiyel başarılar düşünülünce bu sonuçların çok da önemli olmadığı kanaatine kapılıyor insan. Örneğin bağışıklık sistemindeki hücreler hiçbir yerden emir almadan otomatik olarak nerede ne yapmaları gerektiğine anında karar verip, eşgüdümlü çalışarak o andaki potansiyel tehlikeyi bertaraf edebiliyorlar ki bazen bu tehlikeden bağışıklıktaki hücrelerin çok az bir kısmı haberdar oluyor. Herhangi bir savunma sisteminde (askeri savunma sistemi, bilgisayar savunma sistemi, bir bankanın korunması vd) bu özellikten yeterince ve doğru bir şekilde yararlandığında, en az zararlarla en kısa sürede en etkin savunmanın olacağı açık. Bir başka potansiyel başarı da bağışıklık sisteminde sınırlı sayıda hücreyle hemen hemen tüm mikrobik yapıların tanınmasının modellenmesi yapılarak elde edilebilir. Örneğin bağışıklıktaki gen havuzlarının ve kombinasyonlarının uygun bir şekilde modellediğinizde belli sayıdaki ses ve sözcükle eğittiğiniz yazılımınız sayesinde robotunuz belki de söylenen her şeyi algılaya yeteneğine sahip olabilecektir. Bunun gibi örnekleri çoğaltmak mümkün, çünkü bağışıklık sisteminde ciddi bir problem çözme potansiyeli var. Vücuda giren her yabancı tehdit unsuru bir problem olarak algılanıp en kısa ve etkili şekilde aşılmaya çalışılıyor.

Bu kadar başarılı olabileceğe eğer yapay bağışıklık sistemlerinde şimdiye kadar neden bir ilerleme kaydedilemedi? Bu soruyu araştırmalara başlamadan önce ilk biz sormuştuk. Başta vurgulamamız gereken şey, herhangi bir ilerleme olmadığının söylenemeyeceğidir. İlk ortaya çıkan sistemlere göre yapay bağışıklık aslında oldukça çabuk ilerleme kaydetmiş bir sistemdir. Bir zamanlar literatürde yalnızca birkaç çalışma varken, şimdi yapay bağışıklık modellerinin kullanıldığı robotik uygulamalar ve virüs yazılımları, araştırma aşamasında da olsa yok değil. Hani bazı soyut re-



Klonal Seçme Mekanizması

1. Antijenin girdiği bölgede onu en iyi tanıyan B hücreleri seçilir.
2. Antijeni iyi tanıyan B hücreleri klonlama ile çoğalır ve mutasyon geçirir (Antijeni daha iyi tanımak için).
3. Mutasyona uğrayan klonlar arasından antijeni en iyi tanıyan B hücresi "hafıza hücresi" olarak saklanır.

simlerde ressamın anlatmaya çalıştığını ya da kavramanız gereken noktayı yakalayabilmeniz için resme doğru açıdan ve doğru mesafeden bakmanız gerekir ya... Sorunun yanıtı da belki burada yatıyor; resimden çok sonuç çıktığı kesin ama hâlâ bakılması gereken uzaklık ve açı bulunabilmiş değil. Dolayısıyla yapay bağışıklık sistemlerindeki bu yolculuk bağışıklık resminde gizli olan anlam bulunana dek devam edeceğe benziyor. Resme ilgi duyup bu yolculuğa koyulanlara başarılar diliyoruz...

Kaynaklar

- De Castro, L. N., Von Zuben ve F. J. , "Artificial Immune Systems: Part I- Basic Theory and Applications", Technical Report - DCA-RT 02/00, 1999.
- De Castro, L. N. ve Timmis, J. , *Artificial Immune systems: A New Computational Intelligence Approach*, Springer Verlag, 2002.
- Jacob, C., Pilat, M.L., Bentley P.J. & Timmis, J. (Yay. Haz.), *Artificial Immune Systems*, Springer Verlag, 2005.

- Özşen, S., "Biyomedikal sınıflama problemleri için problem-tabanlı bir yapay bağışıklık sisteminin geliştirilmesi ve biyomedikal sınıflama problemlerine uygulanması", Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2008.
- Hart, E. ve Timmis, J., "Application Areas of AIS: The Past, The Present and The Future", ICARIS, Kanada, 2005.