

BİLİMSEL BULUŞLARIN ÖĞRENEN BİLGİSAYAR PROGRAMLARI İLE MODELENDİRİLMESİ

Şakir KOCABAŞ*

Son yıllarda yapay zekâ (artificial intelligence) alanında yapılan ilgi çekici çalışmalardan biri de bilimsel araştırma ve buluşların öğrenen bilgisayar programları ile modellendirilmesi. Bu iş için geliştirilen programları ve bunların hangi problemlere uygulandığı aşağıda anlatılmaktadır.

Bilimsel buluşların öğrenen sistemlerle modellendirilmesi başlıca iki grup altında toplanıyor: 1) Teoriye dayalı (theory-driven) modellendirme, 2) Verilere dayalı (data-driven) modellendirme. Teoriye dayalı modellendirmede sistemin uygulandığı bilgi alanında bilinen bütün teorik, hipotetik ve ampirik bilgiler mümkün olduğu kadar sisteme yükleniyor, ondan sonra da sistem, bu bilgilerden yeni bilgiler çıkartması için çalıştırılıyor. Verilere dayalı modellendirmede ise sistem kendisine yüklenen veriler üzerine bazı basit genelleştirme kurallarını uygulayarak, bunlardan hipotezler çıkartıyor ve sonunda bir teori geliştirebiliyor.

Teoriye dayalı sistemler daha çok tümdengelim metotlarını, verilere dayalı sistemler ise tümevarım (genelleştirme) metotlarını uyguluyorlar. Öğrenen sistemler ayrıca niteliksel ve niceliksel olarak da sınıflandırılıyor. Ancak bu sınıflar arasında gene de kesin bir ayırım olmayabiliyor; çünkü son zamanlarda değişik metotları bir arada kullanan sistemler de geliştiriliyor.

Bilimsel araştırma ve buluşların modellendirilebilmesi için gerekli bilgiler arasında en önemlileri olarak mantık, matematik ve bilim tarihi geliyor. Ayrıca, yapay zekâlarda kullanılan LISP veya Prolog dillerinden birini de bilmek gerekli. Biz kendi araştırmamızda daha çok Prolog dilini kullanıyoruz. Bilindiği gibi bu dil yüklem mantığına (predicate logic) dayandığı için, problemlerin yüklem mantığına sembolik dili içinde ifadelendirilmesi Prolog dilinde onların çözümünü son derece kolaylaştırıyor. Bilimsel araştırma ve buluşların modellendirilmesinde en önde gelen problemler bilginin temsili ve çıkarım veya türetme kurallarının (yani genelleştirme ve özelleştirme kurallarının) yazılması. Prolog dilin-



de bu temsil işi daha çok yüklem mantığı sentaksi içerisinde, LISP dilinde ise çerçeve temsil metodu (frame representation) ile yapılıyor.

Bu tanımlamalardan sonra şimdi bilimsel buluşları, öğrenen bilgisayar programları ile modellendirmede bu güne kadar geliştirilmiş olan bazı sistemleri özet halinde sıralayabiliriz (Dikkati çeken husus, bu sistemlerin hemen hepsinin de Amerika'da geliştirilmiş olması. Bu da Amerikalı araştırmacıların yapay zekâ alanındaki başarılarının göstergelerinden biri olarak alınabilir. İngiltere'de, hatta Avrupa'da henüz bu konu ile ciddi bir şekilde uğraşan akademik bir grup bulamadık.).

Buchanan ve Feigenbaum (1978) tarafından geliştirilmiş olan Meta-Dendral teoriye dayalı bir sistem olup kimyasal maddelerin, bunlar hakkındaki çeşitli bilgilerden molekül yapılarını belirlemede kullanılıyor. Bu sistem yapay zekâ alanında geliştirilen, uygulamada en başarılı sistemlerden biri olarak kabul ediliyor.

Lenat (1979) tarafından geliştirilen AUTOMATED MATHEMATICIAN da teoriye dayalı bir sistem. Bu program kümeler teorisindeki (set theory) bilgilerden hareketle birçok öğrenme tekniğini birarada kullanarak bilinen temel aritmetik kavramları, teoremleri ve sanılan (conjectures) yeniden keşfedebiliyor. Bu programın bulunduğu teoremler arasında sayılar teorisinin bazı güç teoremleri olduğu gibi, daha önceden bilinmeyen birkaç teorem de bulunuyor. Gene Lenat (1983) tarafından geliştirilen ve teoriye dayalı EURISKO programı AUTOMATED MATHEMATICIAN programının kabiliyetlerinden başka kendi genelleştirme ve özelleştirme kurallarını da bulabilen ve onları geliştirebilen bir sistem. Bu program Amerika'da ülke çapında oynanan bir savaş oyununa uygulanmış olup geliştirdiği stratejilerle, daha önce bu oyuna hiç katılmamış olan Lenat'a birincilik kazandırmıştır. EURISKO'nun diğer uygulama alanları, üç boyutlu elektronik devre dizaynı ve evrim teorisi. EURISKO evrim teorisini modellendirme uygulamasında ilginç bir sonuç olarak, evrimleşmenin tesadüf-

* Department of Electronic and Electrical Engineering, King's College London (KQC), London WC2R, UK.

lerle değil ancak organizma üzerinde etkili bazı yönlendirme kuralları ile gerçekleştirilebileceği sonucunu çıkarmıştır.

Friedland (1979) tarafından gerçekleştirilen MOLGEN programı da teoriye dayalı bir program olup moleküler genetiğe uygulanmıştır. MOLGEN, bilgisi içerisindeki strateji ve teknikleri kullanarak uygulama alanında deneyler önerebiliyor. Kendisine gösterilen amaca ulaşabilmek için bir "iskelet planı" hazırlayıp bu planın kısımlarına bilgisi içindeki teknikleri ve deneyleri eşleştirme (matchin) yoluyla uyartıyor.

Langley, Simon, Bradshaw ve Zytow'un (1987) geliştirdiği GLAUBER sistemi verilere dayalı bir sistem olup 17. yüzyıl kimyasında bazı genel niceliksel kimya prensiplerinin bulunmalarını modellendiriyor. Bu yazımızın ileriki bölümünde bu programı ayrıntıları ile inceleyeceğiz ve bu sistemin Prolog dilinde yazdığımız bir program listesini vereceğiz. Jones (1986) tarafından geliştirilen NGLAUBER de GLAUBER sisteminin biraz daha gelişmiş bir çeşidi olup, buna ilâve olarak bilgi alanındaki kavramlar arasındaki bağıntıları çıkarabilen ve uygun deneyler planlayarak bazı verileri öngörebilen bir sistem.

Zytow ve Simon (1987) tarafından geliştirilen STAHL da verilere dayalı bir sistem olup, 18. yüzyıl kimyasında o zaman bilinen kimyasal reaksiyon denklemlerinde bu reaksiyonlara katılan kimyasal cisimlerin bileşimlerinin bulunmasını modellendiren bir sistem. Bu sistemin daha önceki sistemlerden ayrı bir özelliği, bileşimlerle ilgili yanlışlıklarını daha sonraki bilgiler ışığında düzeltilmesi. Yapay zekâ alanında bu iş için geliştirilmiş olan tekniğe heipotez yenileme veya inanç yenileme (belief revision) deniliyor. Rose ve Langley (1987) tarafından geliştirilen STAHLp sistemi, STAHL'in biraz daha gelişmiş bir şekli olup, başlangıçta kendisine verilen hatalı bilgileri de sonraki bilgiler ışığında düzeltilme özelliğine sahip.

Langley ve diğerleri (1987) tarafından geliştirilen BACON da, gene verilere dayalı ve fiziksel sistemlerde değişkenler arasındaki matematiksel bağıntıları incelerken, bu program deneyleme ve veri toplama sürecini, her seferinde sadece iki değişken dışındaki diğer değişkenler sabit olacak şekilde planlıyor. BACON böylece verilerden, gezegenlerin hareketleriyle ilgili Kepler prensibini, ideal gaz prensibini, elektrikte Ohm prensibini, Coulomb prensibini, Black'in özgül ısı prensibini ve Cannizaro'nun atom ağırlıklarını bulmada uyguladığı prensipleri bulabiliyor. Böylece BACON programı bilimsel buluşlar alanının dar; fakat önemli bir kesimini modelendirebiliyor: Deneysel planlama, veri toplama ve teori geliştirme. Falkenheiner ve Michalski'nin (1986) ABACUS sistemi de BACON'a benzer bir sistem

olup, sayısal prensiplerin bulunmasında daha etkin bir arama (search) mekanizması uygulayan ve niceliksel bağıntıların bulunmasında niteliksel bağıntılardan yararlanabilen bir sistem.

Nardhausen ve Langley'in (1987) geliştirdiği IDS (Integrated Discovery System), niteliksel ve niceliksel buluşları bütünleştiren bir sistem. Bu program temsili bir fiziksel çevre ile duyarlı (sensors) vasıtasıyla etkileşerek, aldığı verileri niteliksel şemalar halinde temsil eden bir sistem. IDS, bu niteliksel şemaları niceliksel prensiplerin bulunmasında, arama işini yönlendirmede sınırlayıcı bilgiler olarak kullanabiliyor ve deneyleri de buna göre dizayn edebiliyor.

Bizim Prolog dilinde geliştirdiğimiz (Kocabaş, 1988a) bir sistem olan AR-4 sistemi ise, parçacık fiziğindeki problemlere niteliksel ve niceliksel düşüncenin uygulanmasını modellendiriyor. AR-4, yukarıda bahsedilen STAHL ve STAHLp'nin bazı kuralları, STAHL sisteminin kimyasal reaksiyonları temsilde kullandığı şemaya benzer bir şema kullanıyor. AR-4 bu sistemlerde bulunmayan bazı genelleştirme ve türetme kuralları da kullanıyor. AR-4'ün bilgi tabanında 36 elementer parçacıkla ilgili bütün kuvantum bilgileri bulunuyor. AR-4'ün görevleri arasında parçacık fiziğinde elementer parçacıklarla ilgili yeni kavramlar türetmek, parçacık reaksiyonlarında geçerli olan kuvantum prensiplerinden enerjinin sakınımı, elektriksel yük, lepton sayısı, baryon sayısı, spin sayısı, ve tuhaflık (strangeness) sayısının sakınımı prensiplerini kullanarak parçacık reaksiyonları dizayn etmek, teorik olarak geçersiz olan reaksiyon formüllerinden geçerli formüller çıkartmak, elementer parçacıkların daha küçük parçacıklar cinsinden bileşenlerini ve bunların kuvark bileşenlerini bulmak.

Gene Prolog dilinde geliştirdiğimiz (Kocabaş, 1988b) verilere dayalı diğer bir program, BR-3, parçacık fiziğinde baryon sayısı, lepton sayısı gibi kuvantum prensiplerinin bu yüzyılda fizikçiler tarafından nasıl bulduklarını modellendiriyor. BR-3, aynı fizikçilerin yaptığı gibi, gözlemlenen ve gözlemlenemeyen elementer parçacık reaksiyonlarından hareketle parçacıkların baryon, lepton ve spin sayılarını bulabiliyor. BR-3'ün bir özelliği de, önerdiği baryon ve lepton sayıları daha sonra verilen yeni reaksiyonlarla çeliştiği takdirde, hipotez değiştirme (belief revision) metodunu kullanarak, parçacıklara daha önce vermiş olduğu değerleri yeni reaksiyonlarla tutarlı olarak değiştirebilmesi ve sonunda fizik kitaplarında verilen değerlere ulaşabilmesi (İnşallah bu son iki sistemle ilgili detaylı bilgiler veren makaleleri Bilim ve Teknik Dergisi'nin ileriki sayılarında sizlere sunacağız.).

Kulkarni ve Simon (1988) tarafından geliştirilen KEKADA teoriye dayanan bir sistem olup, kimya bilimindeki bazı buluşları (meselâ üre çevrimini) modelendirebiliyor. Bu sistemin özelliği, bilimsel buluş-

SANAYİ ATIKLARI VE BALIKLAR

Kıyılara dökülen sanayi atıklarının ve her türlü çöpün, hastalık yapıcı etkilerini ortaya çıkarma amacına yönelik çalışmalar, 1978-1983 yılları arasında 5 yıl süren bir zaman almış ve 138 bin ton balık tek tek eiden geçirilerek, önemli bulgular elde edilmiştir.

IFREMER (Fransız Deniz Araştırmaları Enstitüsü) adına Profesör Maurice Fontain'in yapmış olduğu bu incelemelerin sonucuna baktığımızda, tehlike çanlarının çalmaya başlamış olduğunu, başıboş ve zararlı suları denizlere akmasının önlenememesi halinde, kıyılarda yaşayan balıkların zehirlenme sonucu yok olabileceklerini kolaylıkla anlarız.

Kıyılara yakın kumlu deniz tabanını kendilerine yurt edinen balıkların (pisiballığı, yıldız pisiballığı v.b.), kirlenme nedeniyle bazı hastalıklarla karşı karşıya kaldıkları araştırmalarla saptanmıştır. Kıyılara düzenli olarak gelip giden bazı balık cinsleri (morina tirsiballığı v.b.) de durumdan etkilenmektedir. Deri ülseri, yüzgeç tatribatı, iskelet bozulması, bulaşıcı ve paraziter hastalıklar daha yaygın olmakla birlikte, dokular ve metabolizmada meydana gelen bozulmalar görmezlikten gelmek mümkün değildir. Bu hastalıkların ortaya çık-

ması, nehirlerin taşıdığı organik veya mineral maddelerin iç organlarda birikmeye başlamasıyla sıkı sıkıya ilintilidir. Araştırmacı ekibin belirttiğine göre, denizlerde ortaya çıkan yapısal bozukluklardan kaynaklanan olumsuz ortam, başıboş nehirlerde de değişik safhalıyla mevcuttur. Alınan numunelerin incelenmesi sonucunda, krom, demir, gümüş, kalsiyum, galyum, germanyum, molibden, kurşun, bakır, çinko, nikel, titon ve çok az görülen toprak çeşidine hatta nükleitlere rastlanmıştır.

Fransa'nın Nord-Pas de Calais bölgesinde yapılan araştırmalara göre, deri ülserine yakalanan balıkların yüzde oranı şöyle: Tirsiballığı % 4,5, dilballığı % 6,9, morina % 4,8, yıldızpisiballığı % 2. İRFEMER'in yaptığı gözlemlere göre, dünyada ve Avrupa'da sanayi bölgelerine yakın kıyılarda, tehlike, endişe verici boyutlara ulaşmıştır. Hollanda'nın kuzey kıyılarında, 1976-1982 yılları arasında, Rhin ve Meuse nehirlerinin denize dökülen ağızlarında istatistiksel incelemeler yapılmış, 1700 ton değişik türden maddenin denize ulaştığı saptanarak, bu maddelerin değişik canlılar üzerinde hangi yoğunlukta buldukları araştırılmıştır.

Tüm bu tehlike işaretlerine rağmen, biz tüketiciler, tabağımıza konan balığın ülser veya başka bir hastalık taşımadığından emin olmalıyız. Özellikle Avrupa'da olmak üzere piyasaya sürülen balıklar, sıkı kontrollere tâbi tutulmaktadır.

La Recherche'den çev.: Yusuf BUDAK

lan bir dizi birbirine bağlı faaliyetlerin ürünü olarak ele alması. Bu sistem, araştırma alanını "kural alanı" ve "olgu alanı" olarak ikiye bölen bir araştırma modeli kullanıyor. Olgu alanı mümkün deneyleri ve deney sonuçlarını, kural alanı ise hipotezleri ve daha üst düzeydeki ifadeleri kapsıyor. KEKADA sistemi 10 operatörden oluşuyor. Her bir operatör, problem durumuna göre belli bir dizi kuralları uyguluyor. Bunların çıkardıkları sonuçlar diğer operatörler tarafından kullanılıyor.

Son olarak üzerinde çalıştığımız ve bu konuda belki de en gelişmiş sistem olan CER sistemi, 1986'da bulunan yeni seramik süperiletkenler üzerine yapılan araştırma ve buluşları modellendiriyor. Bu sistem tamamlandığında, bilimsel araştırmada uygulanan bütün faaliyetleri modellendirebilen ve KEKADA sisteminin ele almadığı birçok faaliyeti de kapsayan bir sistem olacak. Bu iş için CER sistemine süperiletkenlerle ilgili birçok bilgiyi yükledik. Ayrıca periyodik cetvelde kimyasal elementlerle ilgili bütün bilgileri de sisteme yükledik. Sistem çalışmaya başladığı zaman, bir oksit bileşiminde hangi element yerine periyodik cetveldeki hangi elementin kullanılmasınıyla bileşim süperiletkenlik kritik sıcaklığın yükseltilebileceği hakkında önerilerde bulunabilecek. İleride bu sistemle ilgili olarak daha detaylı bilgiler vermeyi düşünüyoruz.

Böylece, bilimsel araştırma ve buluşların modelendirilmesi ile ilgili sistemler hakkında özet bilgi verdikten sonra, şimdi bunlardan biri olan ve 17. yüzyıl kimyasında bazı genel kimya prensiplerinin reaksiyon verilerinden hareketle nasıl bulunduğunu modelendiren GLAUBER sistemini inceleyelim. □

(Devamı gelecek sayıda)

ÖĞREN!

Gülmeyi öğren! İnsanın içinden gelen bir gülüş, ilâhtan daha iyidir. Kendi işini iyi yapmayı öğren! Dünyada kendi işini tam yapabilecek çok az insan vardır. Bir hikâye anlatmasını öğren! İyi ve yerinde anlatılan bir hikâye, hasta odasına güneş getirir. Nazik ve iyi şeyler söylemeyi öğren! Kimse onlardan hoşlanmazlık edemez.

Başkalarına zarar verecek davranışlardan vaz geçmeyi öğren! Eğer dünyada iyi bir şey göremiyorsan, etrafındaki kötüyü hiç olmazsa kendi içinde sakla. Acılarını, gülümseyerek kimseye göstermemeyi öğren! Zaten nasıl olsa, kimse onlarla fazla ilgilenmeyecektir. Üzüntülerini saklamayı öğren! Kimse onları, senden almak istemeyecektir.

Her şeyin üstünde gülümsemeyi öğren! Faydası büyüktür.