

## GIDA BİLİMİ VE TEKNOLOJİSİ ALANINDA YAPAY ZEKA UYGULAMALARI

### APPLICATIONS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY AREA

Aytül SOFU\*, Necla DEMİR, F. Yeşim EKİNCİ

Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta

**ÖZET:** Bilgi teknolojileri kullanma isteğiyle, araştırma ve uygulamalarda elde edilen bilginin toplanması, depolanması, sınıflanması, yönetimi ve kullanımını etkinleştirmek, kolaylaştırmak ve yaymak için araçlar, yöntemler geliştirmek ve kullanımını öğretmek amacıyla olan yapay zeka modelleme programları kullanılır hale gelmiştir. Bu programlar sayısal işaret işleme, kontrol tasarımı, haberleşmeden; GC, HPLC, kütle spektrofotometre datalarının analizi, RNA ve DNA tiplenişi, proteinlerin yapılarının tanımlanması, mikroskopik görüntülerin tanımlanması, biyokütle ve mikrobiyal gelişim tahminleri, gıdalarda raf ömrünün belirlenmesi, mikroorganizmaların tanımından molekül yapılarının belirlenmesine kadar bir çok alanda kullanılabilmektedir. Gıda mühendisliğinde ise özellikle yapay sinir ağları (neural network), bulanık mantık (fuzzy logic) ve genetik algoritma (genetic algorithm) kullanılmaktadır. Gıdalarda ürün derecelendirme, sınıflandırma, proses modelleme ve optimizasyonu, kalite kontrolünün izlenmesi, görüntünün sayısal verilere dönüştürülmesi, ürün tasarımı, depolama sistemlerinin kontrolü, ürün rekoltesinin tahmini gibi alanlarda; endüstriyel ekmek mayası fermantasyonunda biokütle kestirimi, hamurun rheolojik özelliklerinin belirlenmesi, gıdalarda ısı prosesi değerlendirilmesinde, görünür gözeneklilik, sıcaklık ve nem içeriğine göre ısı geçirgenliği tahmininde, antosiyanin içeriklerinin belirlenerek şarapların sınıflandırılması, meyve, sebze ve kuruyemişlerin morfolojik özelliklerine göre sınıflandırılması vb. modelleme uygulamaları yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Yapay zeka, yapay sinir ağları, bulanık mantık, genetik algoritma

**ABSTRACT:** Artificial intelligence (AI) are relatively new computational tools that have found extensive utilization in solving many complex real-world problems. AI have been utilized in a variety of applications ranging from modeling, classification, pattern recognition, and multivariate data analysis. Sample applications include numerical sign processing, control design, communication technologies; interpreting pyrolysis mass spectrometry, GC, and HPLC data, pattern recognition of DNA, RNA, protein structure, and microscopic images, prediction of microbial growth, biomass, and shelf life of food products, and identification of microorganisms and molecules. In food processing and engineering especially artificial neural networks, fuzzy logic and genetic algorithms techniques have been used to improve performance. Artificial intelligence techniques have been recently introduced as a tool for data analysis in food science and industry. AI has been used in food science and technology for classification, process modelling and optimization, quality control of foods prediction of dough rheological properties, classification of wine depending on anthocyanins content, prediction of the maximum or minimum temperature reached in the sample after pressurization and the time needed for thermal re-equilibration in the high-pressure food processing system, classification of fruits and vegetables according to their morphologic properties.

**Keywords:** Artificial neural network, neural networks, fuzzy logic, genetic algorithm.

### GİRİŞ

Son on beş yıldır yoğun bir ilgi odağı haline gelen yapay zeka (YZ) çalışmaları bilgisayar bilimine yeni bir boyut getirmiştir. Yapay zeka çalışmalarının temel amacı, insan gibi düşünüp, yorum yapabilen ve karar verebilen bilgisayar programları oluşturabilmektedir. Yapay zeka uygulamaları ile bir çok alanda sağlıklı kararlar verebilmek, doğru yorumlar yapabilmek ve çok daha fazla sayıda değişkeni daha kısa zamanda inceleyip

---

\* E-posta: aytulb@sdu.edu.tr

sonuca varmak mümkün olabilmektedir. YZ, temel matematik, veri analizi, görsellik, algoritma ve uygulama geliştirmelerinde gelişmiş görsel ve grafiksel araçlar sunmaktadır. YZ uygulamalarında kullanılan algoritmalar; matematiksel, istatistiksel ve mühendislik fonksiyonları ile mühendis ve bilim adamları tarafından çok çeşitli şekillerde kullanılmaktadır. Son yıllarda birçok çalışmada, araştırmalarının hızlandırılması, analiz ve geliştirme zamanlarının azaltılması ve gelişmiş ürünlerin üretimi konularında modelleme programları kullanılmaktadır. Bu programlarla, ortamı yaratıcılığını ve üretilen çeşitli alternatifleri çabuk-efektif olarak test etmeyi ve karşılaştırmayı sağlayarak, çok daha iyi sonuçlar elde edilmektedir.

### GIDA MÜHENDİSLİĞİNDE MODELLEME PROGRAMI UYGULAMALARI

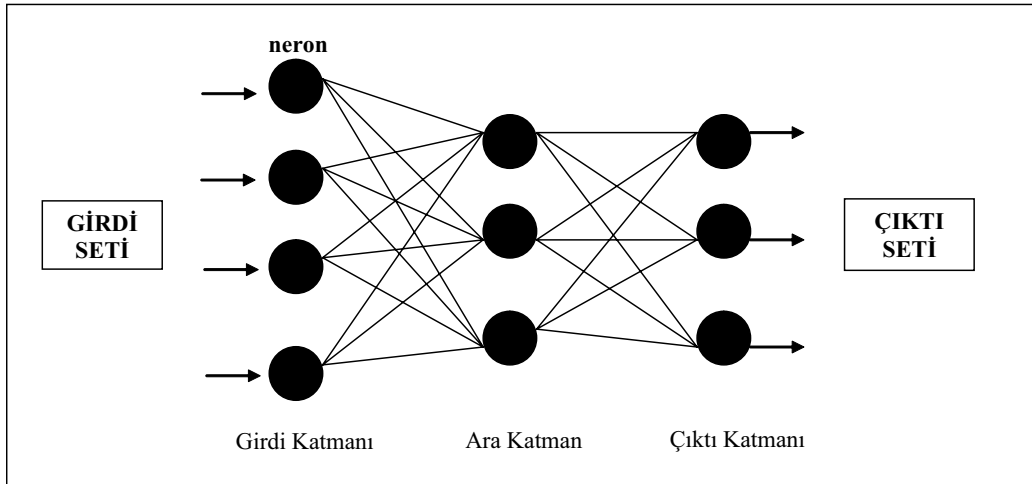
Bilgileri yönetmek ve anlamlı bulguları çıkarmak için; bilgi toplama, depolama, yönetim ve analizini ve edinimi sağlayabilecek yapay zeka uygulamaları üzerinde çalışma yapılması gereği kendiliğinden ortaya çıkmaktadır. Gıda mühendisliğinde, problemlerin çözümü ve analizlerinin yapılmasında kullanılan yapay zeka uygulamalarından bazıları:

- Yapay sinir ağları (Neural Network),
- Bulanık mantık (Fuzzy Logic),
- Genetik algoritma (Genetic Algorithm)

gibi çözüm araçlarıdır.

#### Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (YSA), beynin bir işlevi yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanmaktadır. YSA, yapay sinir hücrelerinin birbirleri ile çeşitli şekillerde bağlanmasından oluşur ve genellikle katmanlar şeklinde düzenlenir. Donanım olarak elektronik devrelerle ya da bilgisayarlarda yazılım olarak gerçekleştirilebilir. Beynin bilgi işleme yöntemine uygun olarak YSA, bir öğrenme sürecinden sonra bilgiyi toplama, hücreler arasındaki bağlantı ağırlıkları ile bu bilgiyi saklama ve genelleme yeteneğine sahip paralel dağılmış bir işlemci yapısında olduğu için gıdalarda; sınıflandırma, proses modelleme ve optimizasyonu, kalite kontrolünün izlenmesini sağlar (1).



Şekil 1. Yapay Sinir Ağlarının şematik gösterimi

#### Yapay sinir ağlarının gıda alanındaki uygulamaları

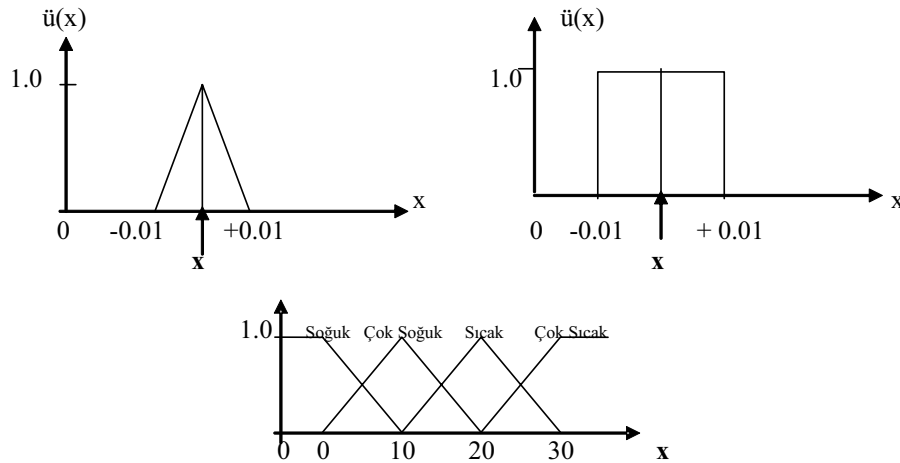
Endüstriyel ekmek mayası fermantasyonunda biyokütle kestirimi (2), bütün mısır tanelerinin kırılmış olanlardan ayrılarak sınıflandırılması (3), hamurun reolojik özelliklerinin belirlenmesi (4), antosiyonin içeriklerinin belirlenerek şarapların sınıflandırılması, gıdaların kuruması sırasında gözeneklerin tahmininde (5), gıdalarda

ısı prosesi değerlendirmesine (6) , gıdalarda görünür gözeneklilik, sıcaklık ve nem içeriğine göre ısı geçirgenliği tahmini, yoğurt fermantasyonunda kızıl ötesi spektrometre (NIRS) (7), elektronik burun (electronic nose-EN) ve biyoreaktör problemleri ölçümlerinden elde edilen verilerle yapay sinir ağları ile galaktoz, laktat ve laktöz içeriklerine göre proses modellemesi, gıdalardaki antioksidanları spektrometrik farklı kinetik belirleyicilerin modellenmesi (8), gıda ürünlerinin donma süresinin tahmini (9) uygulamalarında kullanılmıştır. Mikrobiyal çalışmalarda ise mikrobiyel gelişimin belirlenmesi (10), *Listeria monocytogenes* yaşam süresinin tahmini (Lou, 2000), *Escherichia coli O157:H7* yaşam-ölüm ve gelişme-gelişme durumlarının tahmini (11), donmuş gıdalarda bakteri gelişiminin tahmini, yoğurttaki *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* elde edilen bakteri popülasyon değerleri verileri ile ağara ekim yapılarak elde edilen verileri modellenerek bakteri popülasyonu tahmini (12), globular proteinlerin ikincil yapılarının tahmini, idrar yolu iltihaplanmalarında kanserli hücrelerin kanser olmayan tümörler ile karşılaştırılması, bakterilerin duysal özelliklerine bağlı olarak internal ve eksternal sinyallerinin tahmini, adaptasyon karakterlerinin belirlenmesi, bakteri hücreleri arasında olan iletişimin belirlenmesi uygulamalarında yapay sinir ağları kullanılmıştır (13, 14).

### Bulanık Mantık

Bulanık Mantık matematiksel bir disiplindir. İnsanlar günlük hayatta; tam olarak tanımlanmamış ve nümerik olmayan dilsel niteleyiciler (soğuk, hafif soğuk, ılık, sıcak, çok sıcak vb. gibi) kullanarak kararlar vererek problemleri çözmektedir. İnsanların bazı sistemleri makinelerden daha iyi denetleyebilmelerinin nedenini, insanların kesinlik ile ifade edilemeyen (belirsiz) bazı bilgileri kullanarak karar verebilme özelliğine sahip olmalarına dayandırılmaktadır. Bulanık Mantıkta kesin değerlere dayanan düşünme yerine yaklaşık düşünme kullanılmaktadır (15, 16).

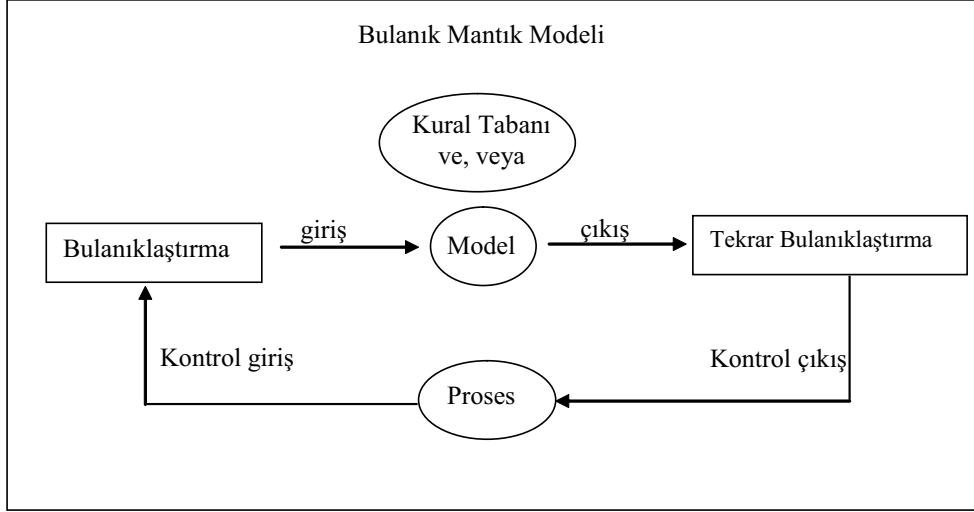
- Bulanık mantıkta her şey  $[0,1]$  aralığında belirli bir derece ile gösterilmektedir.
- Bulanık mantıkta bilgi büyük, küçük, çok az gibi dilsel ifadeler şeklindedir.
- Bulanık çıkarım işlemi dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılır.
- Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilir.
- Bulanık mantık matematiksel modeli çok zor elde edilen sistemler için çok uygundur (15).



Şekil 2. Bulanık mantık üyelik fonksiyonlarının şematik gösterimi

Bilgisayarlar insan beyni gibi akıl yürütemezler. Bilgisayarlarda sıfır ve bir dizilerine indirgenmiş kesin gerçekler ve doğru ya da yanlış olan önermeler kullanılır. İnsan beyni ise, “serin hava”, “yüksek hız”, “genç kız” gibi belirsizlik ya da değer yargılarını içeren bulanık anlatım ve iddiaların üstesinden gelebilecek biçimde akıl

yürütebilmektedir. Ayrıca insan, bilgisayarlardan farklı olarak, hemen her şeyin kısmen doğru olduğu bir dünyada akıl yürütmek için sağduyusunu kullanabilmektedir. Bulanık mantık, belirsiz bir dünyanın gri, sağduyulu resimlerini üretmeleri için bilgisayarlara yardımcı olan bir makine zekâsı biçimidir. Bulanık mantığın kilit kavramını mantıkçılar ilk olarak 1920'lerde "Her şey bir derecelendirme sorunudur" diyerek ortaya atmışlardır. Bulanık Mantık gıdalarda, kümeleme, sınıflandırma, ürün derecelendirme, ürün tasarımı, gibi alanlarda kullanım imkânı sağlamaktadır. Gıda endüstrisinde, yüksek yapıda doğrusal olmayan ve kontrolün zor olduğu biyokimyasal proseslerde, biyokimyasal reaktörlerle bakteri gelişiminin kontrolünde kullanılmaktadır (17)



Şekil 3. Bulanık Mantık modelinin şematik gösterimi

### Bulanık mantık gıda alanındaki uygulamaları

Peynir yapımında pişirme presleme proseslerinde uygulamalar, mikroorganizmaların büyüme ve gelişmesinin modellenmesi, *E. coli* ve *Yersinia*'nın Beyaz peynirde yaşam süresinin modellenmesi (16), gıdalarda kızartma süresinin tahmini (18), elmaların sertlik derecelerine göre sınıflandırılmasında (19), domateslerde kalite kriterlerine göre yapılan sınıflandırmada (20), sosislerde dış kabuğun durumuna göre sınıflandırmada (21), pizzanın sınıflandırılmasında bulanık mantık kullanılarak tahmin modelleri geliştirilmiştir (22, 23).

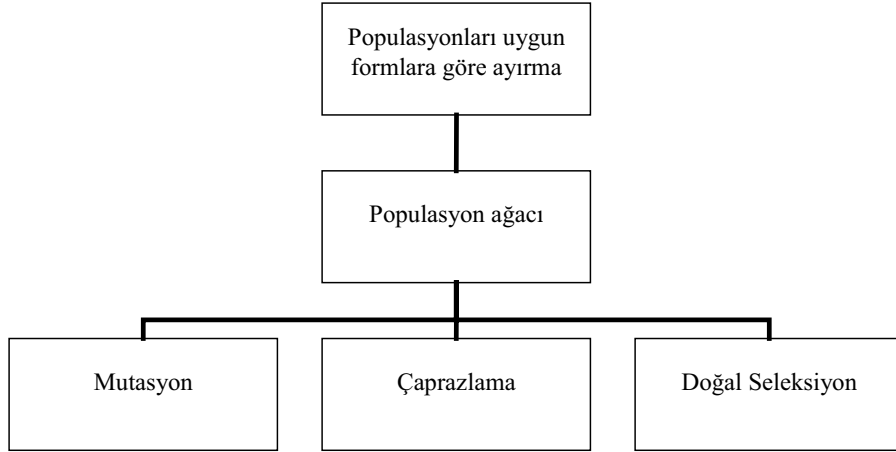
### Genetik Algoritma

Genetik Algoritmalar (GA), doğal seçim ve doğal genetik mekanizmasına dayalı arama algoritmalarıdır (24). GA, ilk olarak 1975'te John Holland tarafından incelenmiş ve son otuz yılda zor optimizasyon problemlerine çözüm bulmak üzere, çözelgelemeden şebeke optimizasyonuna kadar pek çok alanda başarılı uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Lokal optimumlara saplanıp kalmadan global optimumu yakalamada oldukça başarılı olan GA, optimizasyon problemleri için özel matematik analize ihtiyaç duymamaktadır. Kullanıcı derinlemesine matematik ve algoritma bilgisine sahip olmadan kolayca problemi kodlayabilmektedir. Bu özelliğinden dolayı GA gıdalarda proses modellemede, ürün tasarımı, depolama sistemlerinin kontrolü, ürün rekoltesinin tahmini gibi alanlarda kullanım sağlar (24).

Gıdaların kurutulmasında parametre optimizasyonu ve kestirimi için genetik algoritma ve adaptif ağ tabanlı bulanık sonuçlandırma sistemlerinin uygulanması, fast food'ların duyu özelliklerinin belirlenmesi için kullanılmıştır. Genetik algoritmalar (GA) Darwin'in evrim prensipleri ışığında rastlantısal araştırma metotlarını kullanırlar. GA, kendi kendine öğrenme ve karar verme sistemlerinin düzenlenmesini hedef almaktadır. Biyolojik bir süreçte, doğal seçim, genetik popülasyonların modellenmesi, GA parametrelerin kendisi ile değil parametre dizilerinin kodlanması ile çalışmaktadır. GA, sadece bir arama noktası değil, bir grup arama noktası

üzerinde çalışmaktadır. Arama uzayında, **yerel** değil **global** arama yaparak sonuca ulaşmaya çalışmaktadır. Bir tek yerden değil bir grup çözüm içinden arama yapmaktadır (25).

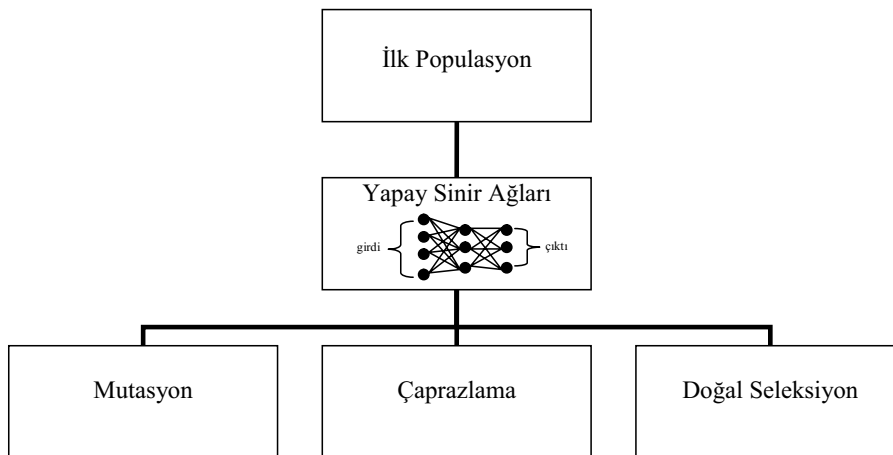
GA'larda kromozomların kodlanması ve değerlendirme kriterinin belirlenmesi gerekmektedir. GA, popülasyondaki bireylerin uygunluk yaklaşımlarını doğal açıdan bir değerlendirmeye alarak rasgele bir araştırma yapmaktadır. GA, optimize edilecek parametreleri kodlar ve parametreler üzerinde değil, bu kodlar üzerinde işlem yapmaktadır. Parametrelerin kodlarıyla uğraşmaktadır. Optimize edilecek problem için amaç fonksiyonu (Objektif fonksiyon) tanımlanmakta ve çoğu durumda uygunluk fonksiyonu amaç fonksiyonudur ki minimize veya maksimize edilebilmektedir (26)



Şekil 4. Genetik Algoritma Şematik gösterimi

#### Genetik algoritma gıda alanındaki uygulamaları

Meyvelerde depolama sıcaklığının YSA ve GA ile optimizasyonu (25), termal proses uygulamalarında çeşitli ısı değişimlerinin YSA ve GA ile optimizasyonu ve modellenmesi (27), raf ömrü süresi kısa olan gıda ürünlerinde satış süresinin YSA ve GA ile tahmini (28), kuru gıdalarda YSA ile metodoloji geliştirme ve gıdalarda mikrobiyel gelişmenin GA ile tahmini (29), soya peynirinde optimal şartlarda üretim için yüzey modeli optimizasyonu (30), koyun süt ürünlerinde kurvenin YSA ve GA kullanılarak tahmini (31), Ossolano İtalyan peynirinde kemometrik bileşiklerine göre GA ve YSA ile tanımlanması (32), YSA ve GA ile meyvelerin depolanma sürelerinin bulanık mantık kontrollü optimizasyonu (33), YSA ve GA ile meyvelerin depolamadaki optimal kontrolünün sağlanması



Şekil 5. Yapay Sinir Ağları ve Genetik Algoritmanın birlikte kullanılmasıyla elde edilen modelin şematik gösterimi

(34), sebzelerdeki yağ hidrojenasyonunun GA ile optimizasyon uygulaması (35), *Pseudomonas* sp.'nin proteaz üretiminin GA kullanılarak modellenmesi ve optimizasyonu (36), etteki mikrobiyel bozulmanın hızlı ve kantitatif olarak tespitinde GA kullanımı (26), İtalyan kırmızı şarapta elektronik burun, dil ve spektrofotometrik ölçümleri yapılarak elde edilen verilerle genetik algoritma kullanılarak regresyon analizi (37), kızılötesi ışınlarla şarapların sınıflandırılmasında GA ile uygulamalar yapılmıştır (38).

## SONUÇ

Yapay zekâ uygulamaları öğrenebilen sistemlerin temelini oluşturmaktadır. YZ uygulamalarıyla gerçek hayatta karşılaşılan problemler üzerinde çözüm modelleri oluşturulmaktadır. Gıdalarda sınıflandırma, tahmin, modellendirme çalışmaları yapılarak; hızlı ve objektif olarak, sıkıcı ve zaman alıcı işlemlerden kurtarılmasıyla, istikrarlı, etkili ve düşük maliyetli olmaları, yüksek maliyetli işgücü gerektiren pek çok işlemin otomatize edilebilir (donanım geliştirilebilir) olmasıyla, nesnelerin çoğu kez yapıları bozulmadan analizine imkan sağlaması, sürekli ve sonradan analize imkan sağlayacak şekilde verilerin saklanması gibi avantajlarıyla YZ uygulamaları ağırlıklı olarak çalışılmakta ve birçok gıda endüstrisi alanında başarılı şekilde kullanılmaktadırlar. Yapay zekâ uygulamaları verideki yapıyı (pattern) en iyi tanımlayan yöntemler olmaları sebebiyle, gelecekte gıda bilimi ve teknoloji alanlarında da diğer alanlarda olduğu gibi güven veren tahmin (prediction) ve öngörü işlemlerinin yapıldığı çözüm araçları olabileme potansiyeline sahiptirler.

## KAYNAKLAR

1. Öztemel E. 2003. *Yapay Sinir Ağları*, Papatya Yayıncılık 232s, İstanbul.
2. Karakuzu C, Türker M, Öztürk S. 2002. Endüstriyel Ekmek Mayası Fermantasyonunda Yapay Sinir Ağı ile Biyokütle Kestirimi, 10. Sinyal İşleme Ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SIU'2002) Bildiriler Kitabı, s. 260-265, 12-14 Haziran 2002, Pamukkale/Denizli.
3. Liao K, Paulsen MR, Reid JF, Ni BC, Bonifacio-Maghirang EP. 1993. Corn kernel breakage classification by machine vision using a neural network classifier. Transactions of the ASAE, 36(6), 1949-1953.
4. Ruan R, Almaer S and Zhang J. 1995. Prediction of Dough Rheological Properties Using Neural Networks. Cereal Chem., 72(3): 308-311.
5. Hussian MA, Shafiur M, Rahman CW, Ng. 2002. Prediction of pores formation (porosity) in foods during drying: generic models by the use of hybrid neural network. Journal of Food Engineering, 51: 239-248.
6. Torrecilla JS, Otero L, Sanz PD. 2004. Artificial neural networks: a promising tool to design and optimize high-pressure food processes. Journal of Food Engineering, 62: 89-95.
7. Cimander C, Carlsson M, Mandenius CF. 2002. Sensor fusion for on-line monitoring of yoghurt fermentation. Journal of biotechnology. 99(3): 237 - 48.
8. Yongnian N, and Chao L. 1999. Artificial neural networks and multivariate calibration for spectrophotometric differential kinetic determinations of food antioxidants. Analytica Chimica Acta 396: 221-230.
9. Mittal GS and Zhang J. 2000. Prediction of freezing time for food products using a neural network Food Research International, 33: 557-562.
10. Jeyamkondan S, Jayas DS and Holley RA. 1999. Neural Networks For Modelling Microbial Growth 1999 North-Central Inter-Sectional Asae & Csa Conference. MBSK99-132.
11. Yu C, Davidson Valerie J, Simon X, Yang. 2005. A neural network approach to predict survival/death and growth/no-growth interfaces for Escherichia coli O157:H7. Food Microbiology.
12. Talon R, Walter D, Viallon C, Berdague JL. 2002. Prediction of Streptococcus salivarius subsp. thermophilus and Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus populations in yoghurt by Curie point pyrolysis-mass spectrometry. Journal of Microbiological Methods, 48: 271-279(9).
13. Sofu A. 2006. Yoğurtların depolama esnasında mikrobiyel ve kimyasal değişimlerinin bilgisayarlı görüntüleme sistemiyle belirlenmesi ve elde edilen verilerin yapay sinir ağlarıyla değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 98 s, Isparta.

14. Sofu A, Demir N, Perendeci A, ve Ekinci Kitiş FY. 2005. Yapay Sinir Ağlarının Gıda Endüstrisinde Kullanımı Gıda Kongresi 2005, İzmir.
15. Şen Z, 2004. *Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık İle Modelleme Prensipleri*. Su Vakfı Yayıncılık 191s., İstanbul.
16. Sofu A, and Ekinci Kitiş FY. 2005. Predicting survival rate of *Yersinia Enterocolitica* in Turkish feta cheese during maturation and storage by using fuzzy logic modelling. 1st International Food and Nutrition Congress - Food Safety, İstanbul.
17. Guillaume S, and Charnomordic B. 2000. Knowledge discovery for control purposes in food industry databases. *Fuzzy Sets and Systems* 122:487–497.
18. Rywotycki R. 2003. Food frying process control system. *Journal of Food Engineering* 59: 339–342.
19. Shahin MA, Tollner EW, and McClendon, RW. 2001. Artificial intelligence classifiers for sorting apples based on watercore. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 79(3): 265–274.
20. Jahns G, Nielsen HM and Paul W. 2001. Measuring image analysis attributes and modelling fuzzy consumer aspects for tomato quality grading. *Computers and Electronics in Agriculture*, 31:17–29.
21. Ioannou I, Perrot N, Hossenlopp J, Mauris G, and Trystram G. 2002. The fuzzy set theory: a helpful tool for the estimation of sensory properties of crusting sausage appearance by a single expert. *Food Quality and Preference*, 13(7–8): 589–595.
22. Sun DW and Brosnan T. 2003a. Pizza quality evaluation using computer vision—Part 1 Pizza base and sauce spread. *Journal of Food Engineering*, 57: 81–89.
23. Sun DW and Brosnan T. 2003b. Pizza quality evaluation using computer vision—Part 2 Pizza topping analysis. *Journal of Food Engineering*, 57: 91–95.
24. Goldberg DE. 1989. *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Addison-Wesley, Reading, Mass.
25. Morimoto T, De Baerdemaeker J and Hashimoto Y. 1997. An intelligent approach for optimal control of fruit-storage process using neural networks and genetic algorithms. *Computers and Electronics in Agriculture*, 18: 205-224.
26. Ellis DI, Broadhurst D and Goodacre R. 2004. Rapid and quantitative detection of the microbial spoilage of beef by Fourier transform infrared spectroscopy and machine learning. *Analytica Chimica Acta*, 514: 193–201.
27. Chen CR and Ramaswamy HS. 2002. Modeling and optimization of variable retort temperature (VRT) thermal processing using coupled neural networks and genetic algorithms *Journal of Food Engineering*, 53: 09–220.
28. Doganis P, Alexandridis A, Patrinos P and Sarimveis H. 2006. Time series sales forecasting for short shelf-life food products based on artificial neural networks and evolutionary computing. *Journal of Food Engineering*, 75: 196–20.
29. Gimeno R, Martí'nez C and Silo'niz M. 2002. Improving artificial neural networks with a pruning methodology and genetic algorithms for their application in microbial growth prediction in food. *International Journal of Food Microbiology*, 72: 19– 30.
30. Chen M, Chen K and Lin C. 2005. Optimization on response surface models for the optimal manufacturing conditions of dairy tofu. *Journal of Food Engineering*, 68: 471–480.
31. Torres M, Hervás C and Amador F. 2005. Approximating the sheep milk production curve through the use of artificial neural networks and genetic algorithms *Computers & Operations Research*, 32: 2653–2670.
32. Barile D, Coisson JD, Arlorio M and Rinaldi M. 2006. Identification of production area of Ossolano Italian cheese with chemometric complex approach. *Food Control*, 17:197–206.
33. Morimoto T, Suzuki J and Hashimoto Y. 1997. Optimization of a Fuzzy Controller for Fruit Storage Using Neural Networks and Genetic Algorithms. *EngngAppl. Artif Intell.*, 10: 453-461.
34. Morimoto T, Purwanto W, Suzuki J and Hashimoto Y. 1997. Optimization of heat treatment for fruit during storage using neural networks and genetic algorithms. *Computers and Electronics in Agriculture*, 19: 87–101.
35. Izadifar M, Jahromi Mz. 2007. Application of genetic algorithm for optimization of vegetable oil hydrogenation process. *Journal of Food Engineering*, 78:1-8.
36. Dutta J, Dutta P and Banerjee R. 2005. Modeling and optimization of protease production by a newly isolated *Pseudomonas* sp. using a genetic algorithm. *Process Biochemistry*, 40: 879–884.
37. Llet'ı R, Mel'endez E, Ortiz MC, Sarabia LA, and S'anchez MS.2005. Outliers in partial least squares regression Application to calibration of wine grade with mean infrared data. *Analytica Chimica Acta*, 544: 60–70.
38. Buratti S, Ballabio D, Benedetti S and Cosio M.S. 2007. Prediction of Italian red wine sensorial descriptors from electronic nose, electronic tongue and spectrophotometric measurements by means of Genetic Algorithm regression models. *Food Chemistry*, 100:211-218.