

KALİTE İYİLEŞTİRME SÜRECİNDE YAPAY ZEKÂ TEKNİKLERİNİN KULLANIMI

İhsan KAYA, Orhan ENGİN

Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kampus-Konya

Geliş Tarihi : 14.07.2003

ÖZET

Günümüzde rekabet ve müşteri tercihlerinin değişmesi, işletmelerin kalite çalışmalarına bakış açısında büyük değişimler meydana gelmesine sebep olmuştur. Aynı zamanda bilgisayar teknolojisindeki gelişimlerde yapay zekâ tekniklerinin kullanımını hızlandırmıştır. Yapay zekâ teknikleri pek çok endüstriyel problemin çözümünde başarılı olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada kalite problemlerinin çözümünde yapay zekâ tekniklerinin kullanılması incelenmiştir. Kalite iyileştirme çalışmalarında son yıllarda kullanılan yapay zekâ teknikleri; yapay sinir ağları, uzman sistemler, genetik algoritmalar ve bulanık mantık teknikleridir.

Anahtar Kelimeler : Kalite, Yapay zekâ, Kalite kontrol, Kalite iyileştirme

USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNIQUES IN QUALITY IMPROVING PROCESS

ABSTRACT

Today, changing of competition conditions and customer preferences caused to happen many differences in the viewpoint of firms' quality studies. At the same time, improvements in computer technologies accelerated use of artificial intelligence. Artificial intelligence technologies are being used to solve many industry problems. In this paper, we investigated the use of artificial intelligence techniques to solve quality problems. The artificial intelligence techniques, which are used in quality improving process in the recent years, are artificial neural networks, expert systems, genetic algorithms and fuzzy logic.

Key Words : Quality, Artificial intelligence, Quality control, Quality improving

1. GİRİŞ

Yoğun rekabetin yaşandığı günümüzde, ülkemizde en çok tartışılan kavramların başında kalite ve kalite geliştirme süreci gelmektedir. 1980'li yıllardan itibaren kapalı ekonomik sistemden çıkıp uluslar arası piyasada rekabet etmeye başlayan şirketlerimizin temel hedefi, kaliteli mamul veya hizmeti, düşük maliyet ile müşterinin istediği anda üretip piyasada varlığını sürdürebilmektir. Bu amaç doğrultusunda kalite iyileştirme sürecinde işletmeler pek çok yöntemi kullanmaya başlamışlardır. Özellikle son yıllarda gelişen bilgisayar teknolojisi ile beraber yapay zekâ teknikleri de bu amaç için

kullanılmaya başlanmıştır. Çalışmada kalite kontrol problemlerinin çözümünde yapay zekâ tekniklerinin kullanılması incelenecektir. Kalite iyileştirme, işletmelerin mamul veya hizmetlerinin kalitesini olumsuz yönde etkileyen faktörleri belirleyerek bunları ortadan kaldırmak ve müşteri memnuniyet düzeyini arttırmak için yapmış olduğu çalışmalardan oluşan bir süreçtir. Her firmanın kendi kalite düzeyini belirleyip, bu düzeyi geliştirmesi gerekir. Bu amaç için işletmelerde kalite ve süreç iyileştirilmelerinin yapılması yararlı olacaktır. Kalite ve süreç iyileştirme de, istatistiksel yöntemlerden faydalanılır. Japonya'da geniş kitlelere öğretilen ve en çok tanınan bu yöntemler "Ishakawa'nın Yedi

Basit Aracı” olarak bilinen; çetele tablosu, sınıflandırma, histogram, pareto analizi, sebep-sonuç diyagramları, serpilme ve kontrol çizelgeleridir. Sınıflandırma, verinin değişkenlik kaynaklarına göre gruplara ayrılarak kaydedilmesi ve işlenmesi olarak tarif edilebilir (Gümüsoğlu, 2000). Çetele tablosu, belirli zaman aralığında meydana gelen hataların ortaya çıkma nedenleri ve kaynaklarını bulmak amacı ile sorunları çetele ile göstererek sıklık derecesinin saptanması için kullanılan bir araçtır (Kartal, 1999). Histogram, gruplandırılan ölçüm değerlerinin bir dikdörtgenler dizisi şeklinde grafiklendirilmesidir (Kartal, 1999). Adını İtalyan ekonomist Wilfredo Pareto’dan alan pareto analizi, 80–20 kuralı olarak da bilinir. Pareto Analizi, sorunların % 80 ninin, yerine getirilen işlemlerin % 20 sine dayandığı mantığı ile problemleri ve nedenleri derecelendirir (Kartal, 1999). Sebep-sonuç diyagramı, bir kalite karakteristiği ve faktörleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir diyagramdır (Kartal, 1999). Serpilme çizelgeleri, belirli bir süreçte birbiriyle ilişkili oldukları düşünülen iki veri seti, belirli bir diyagram üzerinde incelenmesi ile oluşturulmuş bir diyagram setidir (Gümüsoğlu, 2000). “Kontrol Çizgisi” kavramı, ilk olarak 1924 yılında Bell Telephone Laboratories elemanlarından W.A. Shewhart tarafından geliştirilmiştir. Kontrol şemaları, değişkenliğin şansa bağlı mı yoksa kontrol edilebilir bir özelliğe bağlı mı olduğunu ortaya çıkarır (Cındık, 1996).

Kalite iyileştirme sürecinde, işletmelerde etkin bir veri toplama sisteminin oluşturulması gerekir. Bu verilerin analiz edilmeden önce çetele tablosunda gösterilmesi veya doğrudan bilgisayar ortamına aktarılması istatistiksel analiz için kolaylık sağlar. Verilerin sıklıklarının belirlenebilmesi için sınıflandırılıp, bilgisayar ortamında histogramların çizilmesi gerekir. Elde edilen verilerden önemli olanların belirlenmesinde pareto analizi yöntemi kullanılır. Bu analiz ile belirlenen etkili kalite karakteristikleri için sebep-sonuç diyagramları ile birlikte beyin fırtınası yapılması gerekir.

İşletmelerde, çalışanların katılımını sağlayacak kalite çemberlerine benzer kalite iyileştirme gruplarının oluşturulması ve mevcut kalite problemlerinin bu gruplarda çözüm yollarının bulunması ve firmaların bunu bir kurum kültürü haline getirmesinin kalite iyileştirme ve geliştirme çalışmaları için yararlı olacaktır.

Kalite ve süreç iyileştirme çalışmalarında yönetime yardımcı olacak bir diğer yöntemde “Deming Çevrimi”dir. İlk olarak W.A. Shewhart tarafından ortaya atılan ve Shewhart çevrimi olarak da bilinen bu teknik, 1950 yılında Japonlar tarafından “Deming Çevrimi” olarak yeniden isimlendirilmiştir. Deming

Çevrimi: “Planla-Yap-Doğrula-Karar ver”, süreçlerinden oluşmaktadır (Bozkurt, 2001).

Son on beş yılda kalite iyileştirme sürecinde kullanılan bir diğer yöntemde yapay zekâ teknikleridir. Kalite iyileştirme sürecinde yapay zekâ tekniklerinin kullanımı ile ilgili literatür araştırması olan bu çalışmada, ikinci bölümde kısaca kalite konusu ele alınmıştır. Üçüncü bölümde kalite iyileştirme çalışmalarında kullanılan yapay zekâ teknikleri kısaca izah edilmiştir. Dördüncü bölümde ise konu ile ilgili son on beş yılda yapılan çalışmalar sunulmuştur.

2. KALİTE

Kalite geniş kapsamlı olarak Dr. Juran tarafından, kullanıma uygunluk olarak tanımlanmıştır. Kalite, bir ürün veya hizmetin kullanımında uygunluğunu belirleyen özelliklerinin tamamıdır. Kalitenin hedefi ise, kullanıcının istek ve ihtiyaçlarına farklı mal ve hizmet grupları için farklı zamanlarda, farklı kullanıcılar tarafından, farklı beklenti seviyelerinin karşılanması olarak ifade edilebilir (Özkan, 2000).

D.Garvin kalite ile sekiz boyut tanımlamıştır. Bunlar (Bozkurt ve Oduman, 1995):

Performans	:	Üründe bulunan birincil özellikler,
Diğer	:	Ürünün çekiciliğini sağlayan ikincil
Unsurlar	:	karakteristikler,
Uygunluk	:	Spesifikasyonlara, belgelere ve standartlara uygunluk,
Güvenilirlik	:	Ürünün kullanım ömrü içerisinde arıza yapmaması ihtimali,
Dayanıklılık	:	Ürünün kullanılabilirliği,
Hizmet	:	Ürünün kendisinden beklenen işlevi yerine
Görülük	:	getirmesi,
Estetik	:	Ürünün albenisi,
İtibar	:	Ürünün geçmiş performansı.

Kalite kontrol, bir kalite karakteristiğini ölçüp standardı ile karşılaştırıp arasındaki farkı ortaya çıkaran bir geri iletim sistemidir. Standartların kurulması ve bunlara uyulması süreci genellikle “kontrol” olarak nitelendirilmektedir. Kalite kontrolü ise, örgütün kalite amaçlarının yerine getirilmesi olarak tanımlanabilir (Özkan, 2000).

Kalite kontrolün temel amaçları (Kobu, 1981):

- Mamul kalite düzeyinin yükseltilmesi,
- Mamul dizaynının geliştirilmesi,
- Daha ucuz ve kolay işlenebilir malzeme araştırması,
- İşletme maliyetlerinin azaltılması,
- Iskarta, işçilik ve malzeme kayıplarının azaltılması,
- Üretim hattındaki darboğazların giderilmesi,
- Müşteri şikâyetlerinin azaltılmasıdır.

- Bu amaçları gerçekleştirmek için, kalite kontrol işlemlerinde temel olarak iki tür araç kullanılmaktadır:

Kabul Örnekleme,
Kontrol Diyagramları.

Kabul örnekleme, kalite kontrolün en önemli araçlarından biridir. Örnekleme, bir ana kütle için belirli özellikleri hakkında karar vermek amacıyla ana kütle için en iyi temsil edecek biçimde ve belirli kriterlere göre belirlenen nispeten küçük bir kısmının seçilmesi işlemi olarak tanımlanabilir (Gözlü, 1990). Örnekleme muayenesinde, ana kütle için özelliklerine ve saptanan amaçlara göre 3 yöntemle örnek seçimi yapılır (Kobu, 1981):

- Rasyonel örnek alma,
- Tesadüfî örnek alma,
- Kademeli örnek alma.

Kalite kontrolün bir diğer aracı da kontrol diyagramlarıdır. Bu diyagramları 1920'li yıllarda, Bell telefon Laboratuvarları'nda çalıştığı sırada Dr. Walter A. Shewhart tarafından geliştirilmiştir. Kontrol çizelgeleri bir kalite karakteristiğinin ölçülebilen veya hesaplanan değerlerinin zaman boyunca işaretlenmesiyle oluşturulurlar. İşaretlenen noktanın belirli bazı değerleri aşması, kimi uygulamalarda da özel bazı izler takip etmesi durumunda sürecin kontrol dışı olduğu kabul edilir.

Kalite kontrolünde kullanılan diğer tekniklerde, kalite faktörleri arasındaki ilişkileri inceleyen deney tasarımı, hataları henüz ortaya çıkmadan belirleyip ortadan kaldırmayı amaçlayan hata türü ve etkileri analizi ve müşteri istekleri ile kalite gereklileri arasındaki ilişkiyi belirleyen kalite fonksiyonu açılımıdır.

Uluslararası Standartlar organizasyonu (ISO) tarafından ilk olarak 1987 yılında ortaya çıkarılan ve kalite iyileştirmede sistematik bir yönetim anlayışı getiren kalite güvence sistemleri de kalite iyileştirme süreci içerisinde kullanılan ve son dönemlerde yapay zekâ teknikleri ile üzerinde çalışma yapılan bir diğer yönetim tekniğidir.

3. KALİTE İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN YAPAY ZEKÂ TEKNİKLERİ

Yapay zekâ, insanın düşünme yapısını anlamak ve bunun benzerini ortaya çıkaracak bilgisayar işlemlerini geliştirmeye çalışmak olarak tanımlanır. Yani programlanmış bir bilgisayarın düşünme

girişimidir. Daha geniş bir tanıma göre ise, yapay zekâ, bilgi edinme, algılama, görme, düşünme ve karar verme gibi insan zekâsına özgü kapasitelerle donatılmış bilgisayarlardır. Yapay zekâ konusundaki ilk çalışma McCulloch ve Pitts tarafından yapılmıştır (Kaya, 2001).

Bu bölümde kalite kontrol problemlerinin çözümünde kullanılan yapay zekâ tekniklerinden olan yapay sinir ağları, genetik algoritmalar, uzman sistemler ve bulanık mantık teknikleri kısaca izah edilmiştir. Diğer yapay zekâ teknikleri ise henüz kalite iyileştirme süreçlerinde kullanılmamaktadır.

3. 1. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Genel anlamda Yapay Sinir Ağları (YSA), beynin bir işlevi yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanabilir. 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 işlemcidir. Öğrenme süreci, arzu edilen amaca ulaşmak için YSA ağırlıklarının yenilenmesini sağlayan öğrenme algoritmalarını ihtiva eder (Pham and Öztemel, 1995).

3. 1. 1. Yapay Sinir Ağları (YSA) Temel Yapısı

Yapay sinir hücreleri, YSA'nın çalışmasına esas teşkil eden en küçük bilgi işleme birimidir. Geliştirilen hücre modellerinde bazı farklılıklar olmakla birlikte genel özellikleri ile bir yapay hücre modeli, girdi nöronu, ağırlıklar, birleştirme fonksiyonu, aktivasyon (etkinleştirme) fonksiyonu ve çıktı nöronu olmak üzere 5 bileşenden meydana gelir (Anon., 2003a).

Girdi nöronu, diğer hücrelerden ya da dış ortamlardan hücreye giren bilgilerdir. Bilgiler, bağlantılar üzerindeki ağırlıklar üzerinden hücreye girer ve ağırlıklar, ilgili girişin hücre üzerindeki etkisini belirler. Birleştirme fonksiyonu, bir hücreye gelen net girdiyi hesaplayan bir fonksiyondur ve genellikle net girdi, girişlerin ilgili ağırlıklı çarpımlarının toplamıdır. Birleştirme fonksiyonu, ağ yapısına göre maksimum alan, minimum alan ya da çarpım fonksiyonu olabilir. Çıktı nöronu ise ağ yapısı sonucu elde edilen değerleri ifade eden bir yapıdır (Anon., 2003a; Allahverdi, 2003).

3. 1. 2. Yapay Sinir Ağ Yapıları

Yapay Sinir Ağları farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Birçok YSA yapısı vardır. Bu nedenle bu çalışmada YSA'lar sadece ileri veya geri beslemeli olarak ikiye ayrılacaktır.

3. 1. 2. 1. İleri Beslemeli Ağlar

Her bir katmandaki hücreler sadece bir önceki katmanın hücrelerince beslenir (Karlık, 2003). İleri beslemeli YSA' da, hücreler katmanlar şeklinde düzenlenir ve bir katmandaki hücrelerin çıkışları bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden giriş olarak verilir. Giriş katmanı, dış ortamlardan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğratmadan orta (gizli) katmandaki hücrelere iletir. Bilgi, orta ve çıkış katmanında işlenerek ağ çıkışı belirlenir (Anon., 2003a; Rojas, 1996).

3. 1. 2. 2. Geri Beslemeli Ağlar

En az bir hücre sonraki katmanlardaki hücrelerce de beslenir (Karlık, 2003). Geri beslemeli ağlarda çıkıştan girişe doğru ters yönlü ilişkiler mevcuttur. Ağın girişine vektör verildikten sonra nöronların durumları belirlenir, sonra çıkış nöronları girişe bağlı olduğundan dolayı, yeni giriş vektörü olarak ağı etkiliyor ve durum yeniden düzenleniyor. Bu çeşit sinir ağlarının dinamik hafızaları vardır ve bir andaki çıkış hem o andaki hem de önceki girişleri yansıtır (Sağiroğlu ve ark., 2003).

3. 2. Bulanık Mantık

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 yürütebilir. 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 attılar (Kaya, 2001).

3. 3. Uzman Sistemler

Uzman sistemler, ancak bir uzman insanın çözebileceği karmaşık problemlerin bilgisayar ile çözümüne olanak sağlamaktadır. Belirli bir alanda sadece o konu ile ilgili bilgilerle donatılmış ve

problemlere o dalda uzman bir kişinin getirdiği şekilde çözümler getirebilen bilgisayar programlarıdır. İyi tasarlanmış sistemler belirli problemlerin çözümünde uzman insanların düşünme işlemlerini taklit ederler. Uzman sistem tabiri, sistemin bir veya daha fazla uzmanın bilgilerine sahip olarak onun veya onların yerini almaya yönelmesinden dolayıdır. Amaç bir insan uzman gibi veya ondan daha iyi bir uzman sistem geliştirebilmektir. Böyle bir sisteme sahip olmak kişiyi uzman yapmaz, fakat bir uzmanın yapacağı işin bir kısmını veya tamamını yapmasını sağlar (Pham and Öztemel, 1995; Kaya, 2001).

3. 4. Genetik Algoritmalar

Genetik Algoritmalar (GA), doğal seçim ve doğal genetik mekanizmasına dayalı arama algoritmalarıdır (Goldberg, 1989). GA, ilk olarak 1975'te John Holland (1992) tarafından incelenmiş ve son otuz yılda zor optimizasyon problemlerine çözüm bulmak üzere, çizelgelemeden 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 duymaz. Kullanıcı derinlemesine matematik ve algoritma bilgisine sahip olmadan kolayca problemi kodlayabilir. Bu özellik GA'nın en büyük avantajlarından biridir (Goldberg, 1989).

4. KALİTE İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN YAPAY ZEKÂ TEKNİKLERİ YARDIMI İLE GERÇEKLEŞTİRİLMİŞ UYGULAMALAR

Yapay zeka tekniklerinden; yapay sinir ağları, uzman sistemler, bulanık mantık ve genetik algoritmalar kalite iyileştirme sürecinde kullanılmıştır. Diğer yapay zeka teknikleri kalite iyileştirme sürecinde henüz kullanılmamaktadır.

Yapay zekâ tekniklerinin uygulandığı belli başlı kalite faaliyetleri:

- Kontrol Diyagramları,
- Deney Tasarımı,
- Kabul Örnekleme,
- Hata Türü Ve Analizi,
- Proses Kontrol,
- Kalite Planlama,
- Kalite Güvence Sistemleri,
- Kalite Fonksiyon Açılımı (QFD-Quality Function Deployment)

- Son on beş yılda yukarıda verilen kalite faaliyetleri ile ilgili olarak yapılan yapay zekâ teknikleri ile ilgili uygulamalar Tablo 1'de sunulmuştur. Tablo 1'de verilen literatür

analizine göre yapay zeka tekniklerinin kalite iyileştirmede kullanımı ile ilgili çalışmalardan bir kısmı aşağıda verilmiştir.

Tablo 1. Yapay Zeka Tekniklerinin Kalite İyileştirme Sürecinde Kullanımı

Yapay Zeka Tekniği	Kullanım Alanı	Yazarlar
Yapay Sinir Ağları	Kontrol Diyagramları	Hwang and Hubele (1992); Cook and Shannon (1992); Smith and Yazıcı, (1992); Guo and Dooley, (1992); Smith, (1993); Pham and Öztemel, (1992; 1994); Hwang and Hubele, (1993a, 1993b); Chang and Aw, (1996); Cheng, (1997); Su and Tong, (1997); Leger et al., (1998); Guh et al., (1999a); Kong et al., (1999); Guh and Tannock, (1999b); Hwang, (2002).
	Deney Tasarımı	Smith and Dağlı, (1991); Mezgar et al., (1997); Shea, (1997); Bridges and Mort, (1998); Stich et al., (1999); May et al., (2000); Chinnam and May, (2000); Poligne et al., (2002).
	Kabul Örnekleme-Örnek Sınıflandırma	Burke, (1989); Kang and Park, (2000); Sanchez et al., (2000).
	Hata Türü Ve Analizi	Du et al., (1995); Sporre, (1997); Toosi and Zhu, (1995).
	Proses Kontrol	Thomsen and Lund (1991); Pugh, (1991); Wu et al., (1991); Guillot and Ouafi, (1991); Hubick, (1992); Hoskins and Himmelblau, (1992); Beaverstock, (1993); Knapp and Wang, (1993); Shoureshi, (1993); Cheng, (1995); Reddy and Ghosh, (1998); Bahlmann et al., (1999); Hwang, (2002); Chang and Jiang, (2002); Chiang and Su, (2003).
	Kalite Planlama	Zhou & Zhou, (2002).
Uzman Sistemler	Kontrol Diyagramları	Alexandar and Jaganathan, (1986); Evans and Lindsay, (1987); Dağlı and Stacey, (1988); Dağlı, (1990); Swift and Mize, (1995); Pham and Öztemel, (1995); Sette et al., (1998); Hosni and Elshennavy, (1998); Guh et al., (1999a).
	Kabul Örnekleme-Örnek Tanıma	Lee et al., (1989); Ntuen et al., (1989); Fard and Sabuncuoğlu, (1990); Pham and Öztemel, (1995).
	Proses Kontrol	Jakopovic, (1991); David and Rongda, (1991); Cheng and Hubble, (1992); Cook and Massey, (1992); Moore, (1995); Liu and Yang, (1999); Paladini, (2000).
	Kalite Güvence Sistemleri	Gipe and Jasinski, (1986); Crawford and Eyada, (1989); Eyada, (1990)
	Hata Türü Ve Sınıflandırma	Prefier, (1989); Brink and Mahalingam, (1990).
Bulanık Mantık	Kontrol Diyagramları	Jakopovic, (1991); Su and Tong, (1997).
	Proses Kontrol	Cordes et al., (1993); Shoureshi, (1993); Su and Tong, (1997); Cierpiz and Heyduk, (2002); So et al., (2002); Chiang and Su, (2003); Pietrabissa et al., (2003).
	Kabul Örnekleme-Örnek Tanıma	Kanagawa and Ohta, (1990).
	Deney Tasarımı	Bridges and Mort, (1998).
	Hata Türü ve Sınıflandırma	Rakar et al., (1999).
	Kalite Fonksiyon Açılımı (QFD)	Tamponi et al., (1999); Zhou (1998).
Genetik Algoritmalar	Proses Kontrol	Lam, (1995); Sanchez, (1997); Sette et al., (1998); Benito et al., (1998); Melendez, (1999); Chiang and Su, (2003).
	Kabul Örnekleme-Örnek Tanıma/Muayene	Sanchez et al., (2000); Langner, (2001).
	Deney Tasarımı	Wehrens et al., (1999); Langner, (2001).
	Kontrol Diyagramları	Michalewicz, (1994); Viharos and Monostori, (1997); Celano and Fichera, (1999).

4. 1. Kalite Kontrol Problemlerinde Yapay Sinir Ağları Kullanımı

Guh et al., (1999a), on-line olarak istatistiksel proses kontrol işlemini gerçekleştirebilecek IntelliSPC adı

verilen bir sezgisel yöntem geliştirmişlerdir. Bu sistem besin endüstrisinde faaliyette bulunan bir süt fabrikasında uygulanmıştır. Bu sezgisel yöntem 3 alt bileşenden oluşmaktadır:

- Kontrol diyagramları için örnekleri tanımayı sağlayan bir yapay sinir ağı algoritması,
- Kontrol diyagramlarının alarm-ikaz durumlarını yorumlayan, açıklayan bir uzman sistemler algoritması,
- Kalite maliyetlerini simüle eden bir sistem

IntelliSPC, kalite görevlerine; prosesin durumu (kontrol altında veya kontrol dışında), eğer proses kontrol dışında ise bu durumun olası sebepleri, bu kontrol dışı durumun ortadan kaldırılması için gereken maliyet gibi çok önemli üç bilgiyi sunmaktadır.

Mezgar et al., (1997), üretim sistemlerinin zaman değerlerinin yeniden düzenlenmesi ve üretim sistemi tasarımının yapılabilmesi için; deney tasarımı, Taguchi yöntemi ve simülasyon tekniklerinden oluşan bir kombinasyon kullanmışlardır. Bu çalışmada bu üç yönteme ek olarak yapay sinir ağı da kullanılmıştır. Yapay sinir ağı, tasarım faktörleri (design factors) ile sistem performansı arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılmıştır. İlişki tanımlama aşamasında üç katmanlı geriye yayımlı yapay sinir ağı modeli (BPN) kullanılmıştır. Yapay sinir ağı, etkileşim içerisindeki ilişkilerin aralık genişliğini ortaya çıkartmıştır. Çalışmada istenen sistem performansına ulaşmak için gereken parametre değişim değeri belirlenmiştir.

Smith (1993), X ve R kontrol diyagramlarında kontrol noktalarının değerlendirilip proses için kontrol altında veya kontrol altında değil teşhisinin konulması ve kontrol diyagramlarının yorumlanması için yapay sinir ağını kullanmıştır. Kontrol diyagramları kullanmanın vermiş olduğu en büyük zorluk, kontrol diyagramlarının proses için işaret ettiği noktanın kontrol altında/dışında yorumunun ne kadar doğru olduğunun bilinmemesidir. Bu amaçla çalışmada yapay sinir ağı, mevcut noktaları tanımlayabilecek, bu tanımlamadan hareket ile kontrol diyagramlarını yorumlayabilecek ve daha önceki noktalar arasındaki varyasyonu belirleyerek gelecekteki noktaları çok önceden tespit edebilecektir. Böylece kontrol dışı durumları daha önceden belirlenmiş olacaktır. Çalışma sonunda, tüm proseslerin yapay sinir ağı modellenebileceği ve yapay sinir ağlarının prosesler için teşhis ve tanı koyma kabiliyetine sahip olduğu belirlenmiştir.

Kang and Park (2000), istatistiksel proses kontrol işlemini tamamlayacak bir bütünleştirilmiş makine öğrenme yaklaşımı geliştirmişlerdir. Bu sistem yapay sinir ağı yaklaşımı ile birleştirilmiştir. Yapay sinir ağı, kalite kontrolde kullanılacak çok değişkenli örnekler için referans bir örneği göz önünde tutarak mevcut örneği tanıma ve bu örnekler arasındaki ilişkileri belirlemek amacı ile

kullanılmıştır. Bu çalışmada; yapay sinir ağı; özellik belirleme/seçme, örnek tanıma ve olası proses çıktılarını tahmin etme amacı ile kullanılmıştır.

Spoerre, (1997), mil yatağında meydana gelen hataları belirlemek ve bu hataları sınıflandırmak için yapay sinir ağlarını kullanmıştır.

Du et al., (1995), mil yatağındaki dönme, dövme ve kaynak yapma işlemlerinin kalitelerini kontrol altında tutabilmek için ve karşılaştırmak için yapay sinir ağlarını kullanmışlardır.

Toosi and Zhu, (1995), proses izleme araçlarının akustik emisyonlarını izlemek için bir yapay sinir ağı kullanmışlardır.

Hoskins and Himmelblau (1992), sürekli hareket halindeki tank reaktörlerinin sıcaklıklarını kontrol altında tutabilmek için bir yapay sinir ağı modeli geliştirmişlerdir.

Stich et al., (1999), proses kontrol sistemi için otomatik olarak çalışan bir yapay sinir ağı modeli tanımlamışlardır. Çalışmada; yapay sinir ağlarının, aralarında karmaşık etkileşimler bulunan değişkenlerden oluşan problemleri çözme ve değerlendirme yeteneği incelenmiştir. Ayrıca yapay sinir ağı, henüz etkileşimini tamamlamamış ve/veya tam olarak ortaya çıkmamış olan çıktı değerlerini tahmin etmek için kullanılmıştır. Çalışmada; yapay sinir ağlarının girdi nöronları sisteme giren değerlerden, çıktı nöronları olarak ise, prosesin performans değeri ve parti ölçüm değeri kullanılmıştır. Çalışmada; “motor hızı, bobin yüksekliği, soğutma mesafesi ve bölüm sıcaklığı” için deney tasarımı uygulanmış; “motor hızı” ve “bölüm sıcaklığı” için yapay sinir ağı kullanılmıştır. Geri yayımlı yapay sinir ağı (BPN-Back Propagation Networks) ve tahmin işlemi için yapay sinir ağı olmak üzere sistemde iki yapay sinir ağı kullanılmıştır. Sistemde yapay sinir ağı kullanılması çok önemli sonuçları olmuştur. Proses yeterlilik indeksi (Cpk); motor hızı ve bölüm sıcaklıkları değişkenlerinde yapay sinir ağı kullanılması sonucunda sırası ile %125 ve %82 oranında artmıştır. Yapay sinir ağlarının sistem üzerindeki etkileri aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

- Birinci değişken için, ilk durumda proses yeterlilik indeksi (Cpk) 1.88 iken; sistemde yapay sinir ağı kullanılması ile beraber bu değer 4.23 olmuştur.
- İkinci değişken için, ilk durumda proses yeterlilik indeksi (Cpk) 1.59 iken; sistemde yapay sinir ağı kullanılması ile beraber bu değer 2.90 olmuştur.

4. 2. Kalite Kontrol Problemlerinde Genetik Algoritmaların Kullanımı

Sanchez et al., (2000), kalite kontrol problemlerini; “örnek numune kabul edilebilecek bir numunedir veya örnek numune kabul edilemeyecek bir numunedir” şeklinde tanımlanan bir karar problemi olarak incelemişlerdir. Bu modelleme çalışması için GINN (Genetic Inside Neural Networks) adı verilen ve genetik algoritmalar ile yapay sinir ağları kombinasyonundan oluşan bir sezgisel yöntem kullanmışlardır. Sezgisel yöntemde, genetik algoritmalar yapay sinir ağlarının içerisine yerleştirilmiş ve bu şekilde sistem modellenmeye çalışılmıştır. Modelleme aşaması için sınıflandırma çalışması yapılmış ve numune parametrelerinin hangi numunelere ait olduğu belirlenmiştir. Parametreler değerlendirilirken iki tür hipotez tanımlanmıştır:

H_0 = x parametresi ilgili sınıfa aittir,
 H_A = x parametresi ilgili sınıfa ait değildir.

Bu iki hipoteze bağlı olarak iki tür hata tanımlanmıştır:

Hata-1(α hatası): H_0 hipotezi doğru iken yanlış olarak kabul etmek,

Hata-2(β hatası): H_0 hipotezi yanlış iken doğru olarak kabul etmek.

Çalışmada önerilen GINN modeli, bu iki hata türü için optimum değeri belirlerken, aynı anda eş zamanlı olarak olabilecek en iyi karar değerini de belirlemektedir. α hatası ve β hatası eş zamanlı olarak minimize edilmiştir. 1527 adımlık bir iterasyondan sonra sistemde % 97.87 oranında bir başarı elde edilmiş ve $\alpha=0$, $\beta=0.12$ olarak belirlenmiştir.

Sette et al. (1998), elyaf-iplik prosesindeki bükme işleminde optimum kontrol stratejisinin tasarımı için yapay sinir ağları ve genetik algoritmaları kullanmışlardır. Yapay sinir ağları, makine parametrelerini ve elyafın kalite parametrelerini girdi değeri olarak; iplik mukavemeti ve çıktı değeri olarak iplik uzamalarını kabul edip sistemi modellemeye çalışmışlardır. Genetik algoritma ise iki amaç için kullanılmıştır. Bunlar:

- Üretim prosesini ve kalite modelinin en etkin şekilde ortaya koyacak sistem parametrelerinin ve yapay sinir ağı parametrelerinin belirlenmesinde,
- İplik prosesindeki bükme işleminin optimum kalite olmasını sağlayacak işlenmemiş iplik karakteristiklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Çalışmada ilk etapta sadece yapay sinir ağları kullanılmış, daha sonra yapay sinir ağları genetik algoritmalar ile beraber kullanılmıştır. İlk duruma göre, yapay sinir ağları genetik algoritmalar ile beraber kullanıldığında sistemdeki hata oranı çok daha küçük bir değere ulaşmış, modelin optimum çözüm uzayı daralmış ve optimum çözüme ulaşma süresi çok kısalmıştır.

Langner, (2001), çok aşamalı kısmi kalite kontrol problemlerinin çözümü için genetik algoritmaları kullanmıştır. Langner, bu problem için bir modelleme çalışması yapmış ve bu modelin çözülmesi için genetik algoritmaları kullanmıştır.

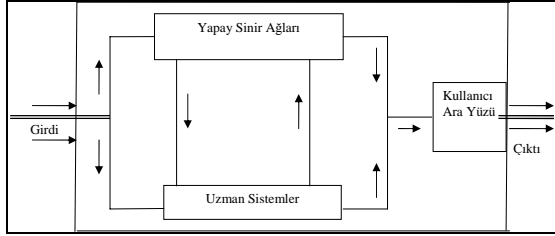
Wehrens et al. (1999), deney tasarımı parametrelerini seçimi, proses kalitesini arttırmak için en uygun tasarım parametreleri belirlemek amacı ile genetik algoritmaları kullanmıştır. Genetik algoritmaların, deney tasarımı içerisinde kullanılması, deney tasarımının performansını arttırmıştır.

Celano and Fichera, (1999), genetik algoritmalar yardımı ile kontrol diyagramı tasarımını, kontrol diyagramlarının sebep olacağı maliyetler ve aynı zamanda istatistiksel yeterliliklerini dikkate alarak, gerçekleştirmiştir. Kontrol diyagramları çok etkili bir yöntem olmasına rağmen maliyet açısından üretim maliyetlerinin yükselmesine yol açtığı için kullanımı çok zordur. Bu sebepten dolayı kontrol diyagramları kullanmadan önce uygun tasarım parametrelerinin belirlenmesi gerekir. Bu çalışmada bu amaçla genetik algoritmalar kullanılmıştır. Genetik algoritmalar, daha önce bu amaç ile kullanılan sezgisel yöntemlerden daha iyi sonuç vermişlerdir.

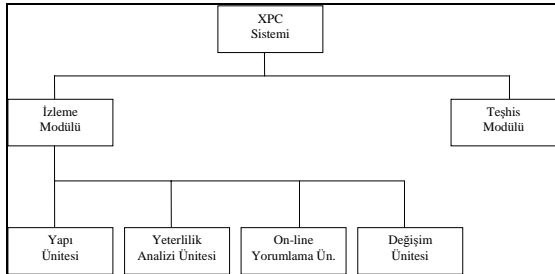
4. 3. Kalite Kontrol Problemlerinde Uzman Sistemler Kullanımı

Pham and Öztemel (1995), örnek olarak alınan numuneleri tanımlamak için bütünleştirilmiş bir yapay sinir ağı; kontrol diyagramlarını analiz etmek ve yorumlamak için ise, bir uzman sistem geliştirmişlerdir. Çalışmada, örnek (numune) tanımlamak ve kontrol diyagramlarını analiz edip yorumlamak için bir uzman sistem ve yapay sinir ağı kombinasyonu geliştirmişlerdir. Pham ve Öztemel, yapay sinir ağlarının ve uzman sistemlerin birbirlerine karşı avantaj ve dezavantajlarını tanımlamış, bu iki sistemi tek başlarına kullanmak yerine her iki sistemin avantajlarını birleştiren bir kombinasyon oluşturmuşlardır. Bu sezgisel kombinasyon sistemi Şekil 1’de görülmektedir. Çalışmada “XPC (Expert Process Control)” adı verilen bir uzman sistem kullanılmıştır. Bu istem üç modülden oluşmaktadır. Bu modüllerin ikisi (izleme

modülü-teşhis modülü) XPC sistemi içerisinde yer alırken, örnek tanımlamak için kullanılacak olan modül (örnek tanıma modülü) yapay sinir ağları içerisinde tanımlanmıştır. Şekil 2’de XPC sisteminin genel yapısı görülmektedir. İzleme modülü, İPK (İstatistiksel Proses Kontrol) teknikleri ile kontrol dışı durum oluşup oluşmadığını belirlemeye çalışırken, teşhis modülü ise örnek tanıma modülü ile beraber kontrol dışı durumların sebeplerini belirlemeye çalışmaktadır. İzleme modülü dört alt modül yardımı ile çalışmaktadır. Yapı ünitesi; proses parametrelerini belirlemeye çalışır. Yeterlilik analizi ünitesi, prosesin yeterliliğini izlemektedir. On-line yorumlama ünitesi, kontrol diyagramlarından gelen uyarıların kontrol altında olup olmadığını incelemektedir. Değişim ünitesi ise gelen değerlere göre gereken adaptasyonu sağlar.



Şekil 1 Uzman Sistemler ve yapay sinir ağlarından oluşan sezgisel kombinasyon (Pham and Öztemel, 1995)



Şekil 2. XPC Sisteminin bileşenleri

Oluşturulan bu kombinasyon ile kontrol diyagramlarından daha iyi sonuçlara ulaşılmıştır. Örneğin SPC’ de kontrol altında görülen bir noktanın aslında kontrol altında olmadığı belirlenmiştir. Aynı zamanda kontrol diyagramlarından farklı olarak, kontrol dışı durumlar çok önceden belirlenmiştir.

Cheng and Hubble (1992) & Cook and Massey (1992), uzman sistemleri prosesi izleme ve analiz etme aşamalarında bir yardımcı olarak kullanmışlardır. Özellikle istatistiksel proses kontrol için, uzman sistemlerin yorum yapabilme özelliğinden yararlanmışlardır. Sistem bir kontrol dışı durum ile karşılaştığında uzman sistem bir uyarı

vermekte ve yapılması gereken doğru hareketi tanımlamaktadır.

Eyada (1990), kalite güvence sistemlerinde tedarikçi ve üretici arasındaki denetim işlemlerine yardımcı olması amacı ile bir uzman sistem geliştirmiştir.

Gipe and Jasinski (1986), kalite güvence sistemlerinin yeterliliklerini ve davranışlarını kontrol altında tutabilmek, bu sistemin uygunluklarını belirleyebilmek için bir uzman sistem geliştirmişlerdir.

Crawford and Eyada (1989), kalite güvence sistemlerinde kullanılan ve/veya kullanılması planlanan kaynakların tespiti ve tahsisi için bir uzman sistem geliştirmişlerdir.

Alexandar and Jagannathan (1986); Dağlı and Stacey (1988); Dağlı (1990), kontrol faaliyetleri sırasında en uygun kontrol diyagramının seçimi için bir uzman sistem geliştirmişlerdir.

4. 4. Kalite Kontrol Problemlerinde Bulanık Mantık Kullanımı

Jakopovic (1991), kalite kontrol problemlerinde alt ve üst kontrol limitlerinin belirlenmesinde bulanık mantık kullanmıştır. Aynı zamanda kalite kontrol işlemlerinde ki belirsiz ve kesin olmayan bilgilerin belirlenmesinde de bulanık mantık yaklaşımını kullanmıştır.

Zhou (1998), kalite fonksiyon açılımını (QFD-Quality Function Deployment) ele almış ve bu yaklaşımın bulanık mantık yardımı ile geliştirilmesini incelemiştir. QFD, müşteri istekleri ile mühendislik faktörleri arasındaki ilişkiyi analiz eder ve daha sonra teknik ve/veya maddi kısıtları belirler. Çalışmada, müşteri tercihlerine göre değişen tasarım ve mühendislik karakteristikleri bulanık mantık ve 0-1 tamsayı programlama yardımı ile sınıflandırılmış ve analiz edilmiştir. Bulanık mantık, ayrıca QFD için belirli olmayan değerlerin tespit edilmesinde de kullanılmıştır.

Tamponi et al., (1999), QFD içerisinde sürekli olarak tekrarlanan kalite karakteristiklerine ait matrisleri, kalite evi (HOQ-House of Quality) matrisleri olarak tanımlamışlardır. HOQ, kalite parametreleri arasındaki ilişkileri ve yakınlıkları ifade etmek için kullanılan matrislerdir. Bu matrislerin ifade ettiği yakınlık ve ilişkileri belirlemek için bulanık mantık kullanılmıştır. Ayrıca bulanık mantık, belirsiz olan parametrelerin de ortaya konmasında başarılı olmuştur. Literatürde daha önce bu alanda yapılan çalışmalarda, eğer parametreler belirli bir eğilim içerisinde ise bunlar

arasındaki ilişkileri belirlemek çok güç olmuştur fakat bulanık mantık kullanıldığında bu güçlük ortadan kalkmıştır.

5. SONUÇ

Bu çalışma sonunda, kalite kontrol problemlerinin çözümünde yapay zeka tekniklerinin kullanılması ile ilgili olarak şu sonuçlar elde edilmiştir:

- Kalite kontrol problemlerinin çözümünde yapay zeka teknikleri başarı ile uygulanabilir,
- Problemler için tek bir yapay zeka tekniği kullanmak yerine iki veya daha fazla teknikten oluşan sezgisel bir melez sistem oluşturmak çok etkili çözümler sunmaktadır,
- Özellikle parametreler arasındaki ilişkileri tanımlamak, en iyi parametreleri ve tam olarak net olmayan parametreleri belirleyebilmek için genetik algoritmalar ve bulanık mantık kullanılabilir,
- Kontrol diyagramlarının tasarımı ve hazırlanması aşamasında, parametreler arasındaki ilişkileri ve bağıntıları belirleyebilmek için yapay sinir ağları kullanılabilir,
- Kontrol diyagramlarının yorumlanması, prosesin değerlendirilmesi vb. işlemlerde uzman sistemler kullanılabilir.
- Gelecekte bu alanda yapılabilecek çalışmalar:
- Son yıllarda gelişmekte olan yapay zekâ tekniklerinin (yapay bağışıklık sistemleri, karınca kolonileri, çok temsilcili sistemler vb.) kalite kontrol problemlerindeki çözüm yetenekleri incelenebilir ve daha önce kullanılan teknikler ile kıyaslanabilir,
- Girdi aşamasından, hammadde mamul olup işletmeden çıkana kadar tüm kalite kontrol işlemlerini kontrol edecek bir yapay zekâ kombinasyonu oluşturulabilir,
- Örnekleme ve muayene problemlerinin çözümünde genetik algoritmalar kullanılarak en iyi örnek hacmi ve kabul edilebilir kusur sayısı çifti (n,c) belirlenmesi çalışması yapılabilir.
- Önümüzdeki yıllarda kalite iyileştirme sürecinde başarılı olarak kullanılacak araçlardan biride yapay zekâ teknikleridir. Bilgisayar teknolojisindeki hızlı ilerleme de bu tekniklerin endüstriyel problemlerin çözümündeki performansını arttıracaktır.

6. KAYNAKLAR

Alexandar, S. M., Jagannathan, V. 1986. Advisory System For Control Chart Selection. Computers in Industrial Engineering. 10 (3), 171-177.

Allahverdi, N. 2003. Yapay Sinir Ağları. Yayınlanmamış Ders Notları. Selçuk Üniversitesi. Konya.

Anonymous, 2003a. Yapay Sinir Ağları. "http://members.tripod.com".04.10.2003.

Bahlmann, C., Heidemann, G., Ritter, H. 1999. Artificial Neural Networks for Automated Quality Control of Textile Seams. The Journal of The Pattern Recognition Society. 32, 1049-1060.

Beaverstock, M. C. 1993. It Takes Knowledge To Apply Neural Networks For Control. ISA Transactions. 32, 235-240.

Benito, M. J., Sarabia, L., A., Sanchez, M., S., Arcos, J. 1998. IV Colloquium Chimiometricum Mediterraneum Abstracts Book, Spain, 65.

Bozkurt, R. 2001. Kalite İyileştirme Araç ve Yöntemleri, MPM Yayınları, Ankara.

Bozkurt, R., Oduman, A. 1995. ISO 9000 Kalite Güvence Sistemleri, MPM Yayınları, Ankara.

Bridges, L.W., Mort, N. 1998. New Approaches to On-Line Quality Control for Enameled Wire Manufacture. Control Engineering Practice. 6, 1397-1403.

Brink, J. R., Mahalingam, S. 1990. Expert Systems for Quality Control in Manufacturing. USF Reports. 455-466.

Burke, L. I. 1989. Automated Identification of Tool Wear States Machining Processes: An Application Of Self-Organizing Neural Network. Ph.D. Thesis, University of California.

Celano, G., Fichera, S. 1999. Multi Objective Economic Design of an X- Control Chart. Computers & Industrial Engineering. 37, 129-132.

Chang, C. S., Aw, C. A. 1996. A Neural Fuzzy Control Chart For Detecting And Classifying Process Mean Shifts. International Journal of Production Research, 34(8). 2265-2278.

Chang, D. S., Jiang, S. T. 2002. Assessing Quality Performance Based On The On-Line Sensor Measurement Using Neural Networks. Computers & Industrial Engineering. 42, 417-424.

Cheng, C. S. 1995. A Multi Layer Neural Network Model for Detecting Changes in the Process Mean. Computers & Industrial Engineering, 28(1), 51-61.

Cheng, C. S. 1997. A Neural Networks Approach for the Analysis of Control Chart Patterns. International Journal of Production Research. 35 (3), 667-697.

Cheng, C. S., Hubble, N. F. 1992. Design of Knowledge-Based Expert Systems for Statistical Process Control. Computers & Industrial Engineering, 22 (4). 501-517.

- Chiang, T. L., Su, C. T. 2003. Optimization of TQFP Molding Process Using Neuro-Fuzzy-Ga Approach. *European Journal of Operation Research*, 147, 156-164.
- Chinnam, R. B., May, G. S. 2000. Role of Neural Networks and Genetic Algorithms in Developing Intelligent Quality Controllers for On-Line Parameter Design. *International Journal of Smart Engineering Systems Design*.
- Cierpisz, S., Heyduk, A. 2002. A Simulation Study of Coal Blending Control Using a Fuzzy Logic Ash Monitor. *Control Engineering Practice*. 10, 449-456.
- Cındık, M. 1996. İstatistiksel Yöntemlerin Kalite Kontrol Ve Kalite Güvencesindeki Önemi. *Standard Dergisi*. Ağustos.
- Cook, D.F., Shannon R. E. 1992. A Predictive Neural Network Modeling System for Manufacturing Process Parameters. *International Journal of Production Research*. 30 (7), 1537-1550.
- Cordes, G. A., Smatt, H. B., Johnson, J. A. 1993. "Design and Testing Of a Fuzzy Logic/Neural Network Hybrid Controller for Three-Pump Liquid Level/Temperature Control", **IEEE International Conference on Fuzzy Systems**, 1, 167-171.
- Crawford, K., Eyada, O. 1989. A Prolog Based Expert Systems For The Allocation Of Quality Assurance Program Resources. *Computers in Industrial Engineering*. 17 (1-4), 298-302.
- Dağlı, C. 1990. Expert Systems for Selecting Quality Control Chart. *USF Report*, 325-343.
- Dağlı, C., Stacey, R. 1988. Prototype Expert Systems for Selecting Control Charts. *International Journal of Production Research*. 26(5), 987-996.
- David, A.K., Rongda, Z. 1991. Expert Systems with Fuzzy Sets Optimal Planning. *IEEE Trans. Power Systems*. 6 (1), 59-65.
- Du, R., Elbastawi, M. A., Wu, S. M. 1995. Automated Monitoring Of Manufacturing Processes, Part I-II: Applications, *Journal Of Engineering For Industry*. 117, 121-132/133-141.
- Evans, J.R., Lindsay, W.M. 1987. "Expert Systems for Statistical Quality Control." **Annual International Industrial Engineering Conference Proceedings**, 131-136.
- Eyada, O.K. 1990. "Expert Systems for Quality Assurance Auditing". **ASQ Quality Congress Transactions**, 613-619.
- Fard, N. S., Sabuncuoğlu, H. 1990. Expert Systems for Selecting Attribute Sampling Plans. *International Computer Integrated Manufacturing*. 3, 364-372.
- Gipe, J. P., Jasinski, N. D. 1986. "Expert Systems Applications in Quality Assurance". **ASQ Quality Congress Transactions**, 272-275.
- Goldberg, D. E. 1989. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Addison-Wesley, Reading, MA.
- Gözlü, S. 1990. Endüstriyel Kalite Kontrolü. Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul.
- Guh, R.S., Tannock, J. D. T. 1999b. Recognition of Control Chart Concurrent Patterns Using A Neural Networks Approach. *International Journal of Production Research*. 37 (8), 1743-1765.
- Guh, R. S., Tannock, J. D. T., O'brien, C. 1999a. IntelliSPC: A Hybrid Intelligent Tool for On-Line Economical Statistical Process Control. *Expert Systems with Applications*. 17, 195-212.
- Guillot, M., Oufai, A. E. 1991. On-Line Identification of Tool Breakage in Metal Cutting Processes by Use of Neural Networks. *Intelligent Engineering Systems Through Artificial Neural Networks*, 701-709.
- Gümüsoğlu, Ş. 2000. İstatistiksel Kalite Kontrolü ve Toplam Kalite Yönetim Araçları, Beta Yayınları, İstanbul.
- Guo, Y., Dooley, K. J. 1992. Identification of Change Structure in Statistical Process Control. *International Journal of Production Research*. 30, 1655-1669.
- Holland, J. 1992. Adaptation in Natural and Artificial Systems. MIT Press, Cambridge, MA.
- Hoskins, J. C., Himmelblau, D. M. 1992. Process Control via Artificial Neural Networks and Reinforcement Learning. *Computers & Chemical Engineering*. 16 (4), 241-251.
- Hosni, Y. A., Elshennavy, S. K. 1998. Quality Control and Inspection –Knowledge Based Quality Control Systems. *Computers & Industrial Engineering*. 15 (1-4), 331-337.
- Hubick, K. 1992. ANNs Thinking for Industry. *Process & Control Engineering*. 15 (11), 36-38.
- Hwang, H. B. 2002. "Detecting Mean Shift in AR (1) Processes". **Decisions Sciences Institute 2002 Annual Meeting Proceeding**.
- Hwang, H. B., Hubele, N. F. 1992. Boltzmann Machines That Learn to Recognize Patterns On Control Charts. *Statistics and Computing*. 2 (4), 191-202.
- Hwang, H. B., Hubele, N. F. 1993a. X-bar Control Chart Pattern Identification through Efficient Off-Line Neural Network Training. *IEEE Transaction*. 25(3), 27-40.

- Hwang, H. B., Hubele, N. F. 1993b. Back-propagation Pattern Recognizers for X-Bar Control Charts: Methodology and Performance. *Computers & Industrial Engineering*. 24 (2), 219-235.
- Jakopovic, J. 1991. Approximate Knowledge In LEXIT and Expert Systems For Assessing Marine Lubricant Quality And Diagnosis Engine Failure. *Computers & Industry*. 17, 43-47.
- Kanagawa, A., Ohta, H. 1990. A Design For Single Sampling Attribute Plan Based On Fuzzy Sets Theory. *Fuzzy Sets and Systems*. 37, 173-181.
- Kang, B. S., Park, S. C. 2000. Integrated Machine Learning Approaches for Complementing Statistical Process Control Procedures. *Decision Support Systems*. 29, 59-72.
- Karlık, B. 2003. Neural Network Image Recognition for Control of Manufacturing Plant. *Mathematical & Computational Applications*. Vol. 8, No. 2, pp. 181-189.
- Kartal, M. 1999. İstatistiksel Proses Kontrolü. Kariyer Matbaası, Ankara.
- Kaya, İ. 2001. Uzman Sistemler Yardımı İle Personel Seçimi. Yayınlanmamış yıl içi projesi, Selçuk Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Konya.
- Knapp, G. M., Wang, H. P. 1993. Machine Fault Classification: A Neural Network Approach. *International Journal of Production Research*, 30 (4), 811-823.
- Kobu, B. 1981. Endüstriyel Kalite Kontrolü. Önsöz Basımevi, İstanbul.
- Lam, H. N. 1995. Stochastic Modeling and Genetic Algorithm-Based Optimal Control of Air Conditioning Systems. Department of Mechanical Engineering, University of Hong Kong.
- Langner, A. H. 2001. Genetic Algorithms in Quality Control Problems, Ph.D. Thesis, Arizona State University, December 2001.
- Lee, N.S., Phadke, M.S., Keny, R. 1989. An Expert System for Experimental Design in Off-Line Quality Control. *Expert Systems*. 6(4), 238-249.
- Leger, R. P., Garland, W.J., Poehlman, W. F. S. 1998. Fault Detection and Diagnosis Using Statistical Control Chart and Artificial Neural Networks. *Artificial Intelligence in Engineering*. 12, 35-47.
- Liu, T.I., Yang, X.M. 1999. Design for Quality And Reliability Using Expert System And Spreadsheet. *Journal of The Franklin Institute*. 336, 1063-1074.
- May, G. S., Chinnam, R. B., Ding, J. 2000. Intelligent Quality Controllers for On-Line Parameter Design, *IEEE Trans. Semiconductor Manufacturing*.
- Melendez, E., Ortiz, M. C., Sanchez, M. S., Sarabia L. A., Iniguez, M. 1999. *Quim. Anal.* 18, 119-126.
- Mezgar, I., Egresist, Cs., Monostori, L. 1997. Design and Real-Time Reconfiguration of Robust Manufacturing Systems by Using Design of Experiments and Artificial Neural Networks. *Computers in Industry*. 33, 61-70.
- Michalewicz, Z. 1994. Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Program. Springer-Verlag, New York.
- Moore, R. 1995. Expert systems for Process Control. *TAPPI Journal*. 6, 64-67.
- Ntuen, C.A., Park, H.E., Kim, J. E. 1989. KIMS- A Knowledge- Based Computer Vision System for Production Line Inspection. *Computers in Industrial Engineering*. 16 (4), 491-508.
- Özkan, Ç. 2000. Kalite-Verimlilik. Değişim Dinamikleri Yönetim Merkezi Limited, İstanbul.
- Paladini, E.P. 2000. An Expert Systems Approach to Quality Control. *Expert Systems with Applications*. 18, 133-151.
- Pfeifer, T. 1989. Knowledge-Based Fault Detection in Quality Inspection. *Software for Manufacturing, IFIP*. 467-476.
- Pham, D. T., Öztemel, E. 1992. Control Chart Pattern Recognition Using Neural Networks. *Journal of System Engineering*. 2(4),256-262.
- Pham, D. T., Öztemel, E. 1994. Control Chart Pattern Recognition Using Learning Vector Quantization Networks. *International Journal of Production Research*. 32(3), 721-729.
- Pham, D. T., Öztemel, E. 1995. An Integrated Neural Network and Expert Systems Tool for Statistical Process Control. *Journal of Engineering Manufacture*. 209 (B2), 91-97.
- Pietrabissa, A., Razzano, G., Andreani, L. 2003. Wireless LANs: An Advanced Control Systems for Efficient Power Saving. *Control Engineering Practice*. Article in Press.
- Poligne, I., Broyart, B., Trystram, G., Colligran, A. 2002. Prediction of Mass-Transfer Kinetics and Product Quality Changes during a Dehydration-Impregnation-Soaking Process Using Artificial Neural Networks Application to Pork Curing. *Lebensm. – Wiss. U. Technology*. 35, 748-756.
- Pugh, G. A. 1991. A Comparison of Neural Networks to SPC Charts. *Computers & Industrial Engineering*. 21 (1-4), 253-255.

- Rakar, A., Juricic, D., Balle, P. 1999. Transferable Belief Model in Fault Diagnosis. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 12, 555-567.
- Reddy, D. C., Ghosh, K. 1998. Identification and Interpretation of Manufacturing Process Patterns through Neural Networks. *Mathematical Computer Modeling*. 27, 15-36.
- Rojas, R. 1996. Neural Networks- A Systematic Introduction. Springer-Verlag.
- Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M. 2003. Mühendislikte Yapay Zekâ Uygulamaları-I: Yapay Sinir Ağları. Ufuk Yayıncılık, Kayseri.
- Sanchez, M. S. 1997. *Analytic Chim. Acta*, 348, 533-542.
- Sanchez, M. S., Bertran, E., Sarabia, L. A., Ortiz, M. C. 2000. Quality Control Decision With Near Infrared Data. *Chenometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 53, 69-80.
- Sette, S., Boullart, L., Langenhove, L. V. 1998. Using Genetic Algorithms to Design a Control Strategy of an Industrial Process. *Control Engineering Practice*. 6, 527-533.
- Shea, G. 1997. The Economic Control of Quality. *Nonlinear Analysis Theory Methods & Applications*. 30, 4033-4040.
- Shoureshi, R. 1993. Intelligent Quality Control Systems: Are They Real? *Trans. ASME*, 115, 392-401.
- Smith, E. A. 1993. "X-Bar and R Control Chart Interpretation Using Neural Computing". **International Journal of Production Research**, March 1993.
- Smith, E. A., Dağlı, C. H. 1991. Controlling Industrial Processes through Supervised, Feed Forward Neural Networks. *Computers & Industrial Engineering*. 21, 247-251.
- Smith, E. A., Yazıcı, H. 1992. An Intelligent Composite System for Statistical Process Control. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 5, 519-526.
- So, S. S., Cha, S. D., Kwon, Y. R. 2002. Empirical Evaluation of a Fuzzy Logic-Based Software Quality Prediction Model. *Fuzzy Set and Systems*. 127, 199-208.
- Spoerre, J. 1997. Application of the Cascade Correlation Algorithm (CCA) to Bearing Fault Classification Problems. *Computers in Industry*. 32, 295-304.
- Stich, T. J., Spoerre, J. K., Velasco, T. 1999. The Application of Artificial Neural Networks to Monitoring and Control of an Induction Hardening Process. *Journal of Industrial Technology*, 1.
- Su, C. T., Tong, L. I. 1997. A Neural Network-Based Procedure for the Process Monitoring Of Clustered Defects in Integrated Circuit Fabrication. *Computers in Industry*. 34, 285-294.
- Swift, J. A., Mize, J. H. 1995. Out-of-Control Pattern Recognition and Analysis for Quality Control Charts Using Lip-Based Systems. *Computers & Industrial Engineering*. 28(1), 81-91.
- Tamponi, C., Yen, J., Tiao, W. A. 1999. House of Quality: A Fuzzy Logic-Based Requirements Analysis. *European Journal of Operational Research*, 117, 340-354.
- Thomsen, J. J., Lund, K. 1991. Quality Control of Composite Materials by Neural Network Analysis of Ultra Sonic Power Spectra. *Material Evaluation*. May, 594-600.
- Toosi, M., Zhu, M. 1995. An Overview Acoustic Emission and Neural Networks Technology and Their Applications in Manufacturing Process Control. *Journal of Industrial Technology*, 11(4), 22-27.
- Viharos, J. Z., Monostori, L. 1997. "Optimization of Process Chains By Artificial Neural Networks And Genetic Algorithms Using Quality Control Charts". **8th DAAAM International Symposium**, University of Zagreb.
- Wehrens, R., Pretsch, E., Buydens, L.M.C. 1999. The Quality of Optimization by Genetic Algorithms. *Analytica Chimica Acta*. 388, 265-271.
- Wu, H. J., Cheng, S. L., Pi, H. H. 1991. Fault Diagnosis of Processing Damage in Injection Molding Via Neural Networks Approach. *Intelligent Engineering Systems Through Artificial Neural Networks*, 645-650.
- Zhou, M. 1998. Fuzzy Logic and Optimization Models for Implementing QFD. *Computers & Industrial Engineering*. 35, 237-248.
- Zhou, M., Zhou, C. 2002. An Optimization Model and Multiple Matching Heuristics for Quality Planning In Manufacturing Systems. *Computers & Industrial Engineering*. 42, 91-101.