

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE PLASTİK ENJEKSİYON SÜRECİ BAŞLANGIÇ
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Akın Keçe

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA 2006

T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YAPAY SİNİR AĞLARI İLE PLASTİK ENJEKSİYON SÜRECİ BAŞLANGIÇ
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Akın Keçe

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 24.11.2006 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oy
çokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Nursel Öztürk
(Danışman)

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Akansel

Prof. Dr Ferruh Öztürk

ÖZET

Plastik enjeksiyon ve plastik malzeme teknolojisindeki gelişmeler, plastiği otomotiv üreticilerinin vazgeçilmez malzemesi haline getirmiştir. Otomotiv üzerindeki plastik parça oranının artması otomotiv tedarikçilerini plastik prosesleri üzerine yoğunlaştırmıştır.

Plastik enjeksiyon prosesi plastik parça üretiminde kullanılan temel proseslerden biridir. Hassas mühendislik parçalarından tek kullanımlık günlük tüketim eşyalarına kadar plastik parçaların üretiminde kullanılan hızlı bir prosesdir. Plastik enjeksiyon makinesi vasıtasıyla yapılan üretimi kontrol etmek için yaklaşık 15-30 makine parametresinin set edilmesi gerekmektedir. Yeni ürün devreye alma süreci, plastik parçaların seri üretimdeki optimum proses parametrelerinin belirlenmesi aşamasıdır. Optimum parametreler enjeksiyon operatörlerinin bilgi ve tecrübeleri ile oluşturulur ve bu süreç 6 ile 30 saat arasında sürebilir. Bir kez optimum parametreler oluşturulduktan sonra bunlar kayıtlandırılır ve seri üretimde çok hızlı bir şekilde set edilir. Optimum makine parametrelerine ulaşma süresi genelde seçilen başlangıç makine parametre değerlerinin optimum parametrelere yakın veya uzak olduğuna bağlıdır.

Yapay sinir ağları doğrusal olmayan sistemleri modelleme yeteneği sayesinde bir çok alanda kullanılabilir. Yapay sinir ağları girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkiyi hafızasına alabilir. Benzer girdiler için benzer çıktılar üretebilir. Geliştirilen yapay sinir ağ modeli enjeksiyon makinesinde optimum makine parametrelerine ulaşma süresini kısaltmak için en uygun başlangıç parametrelerinin tespitinde kullanıma uygundur.

Anahtar Kelimeler : Plastik enjeksiyon , Yapay sinir ağları (YSA) , Plastik enjeksiyon makinesi

DETERMINING START-UP PARAMETERS IN PLASTIC INJECTION PROCESS USING NEURAL NETWORKS

ABSTRACT

Plastic has been a fundamental material for automotive manufacturers with the developments in plastic injection and plastic material. The increase of plastic parts ratio in automotive made automotive suppliers focus on plastic process

Plastic injection process is one of the prime processes for producing plastics articles. It is a fast process and is used to produce items from high precision engineering components to disposable consumer goods. Controlling the production which is processed with plastic injection machine needs to set approximately 15-50 parameters. First Part Approval process for plastic parts is determining optimum injection parameters which will be used in serial life. Optimum parameters are determined by injection operator's knowledge and experience and this process can last between 6 and 30 hours. After optimum parameters are determined, they are registered to set rapidly in the serial life. Determining optimum parameters time is usually related to chosen start-up parameters which is closed to optimum parameters or not.

Neural Networks can be used in different areas because of its ability which can model non-linear systems. Neural Networks can keep the relationship between input and output in memory. It can produce similar outputs for similar inputs.

Developed Neural Networks model is suitable for determining best start-up parameters which make it faster to reach optimum injection parameters.

Key Words : Plastic injection , Neural Networks , Plastic injection machine

İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ	1
2. KONUyla İGİLİ ÇALIŞMALAR.....	3
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	5
3.1 Materyal	5
3.1.1. Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş.....	5
3.1.2 Plastik Enjeksiyon Teknolojisi.....	5
3.1.3 Enjeksiyon İşleminin Elemanları	9
3.1.3.1 Enjeksiyon Ünitesi	10
3.1.3.2 Helezon (Vida).....	10
3.1.3.3 Meme (Nozzle).....	12
3.1.3.4 Ocak Isıtma Sistemleri	12
3.1.3.5 Mengene Ünitesi	13
3.1.3.6 Makine Kontrol Sistemi	17
3.1.3.7 Kalıp.....	18
3.1.4 Enjeksiyon Parametreleri	21
3.1.4.1 Sıcaklık Ayarı.....	22
3.1.4.2 Enjeksiyon Hızı Ayarı.....	23
3.1.4.3 Enjeksiyon Basıncı.....	24
3.1.4.4 Ütüleme Basıncı (Arka Basıncı)	24
3.1.4.5 Tutma Basıncı	25
3.1.4.6 Soğuma Zamanı	25
3.2 Yöntem.....	26
3.2.1. Yapay Sinir Ağları	26
3.2.1.1 Yapay Sinir Ağlarının Üstünlükleri	26
3.2.1.2 Yapay Sinir Ağı Çalışma Şekli	28
3.2.1.3 Yapay Sinir Ağının Eğitimi ve Testi.....	29
3.2.1.4 Eğitim Hatası Doğrulama (Test) Hatası.....	30
3.2.1.5 Yapay Sinir Ağının Yapısı.....	31
3.2.1.6 Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması	35
3.2.2 Yapay Sinir Ağının Tasarımı	37
3.2.2.1 YSA Ağ Yapısının Seçimi	38
3.2.2.2 Öğrenme Algoritmasının Seçimi	38
3.2.2.3 Ara Katman Sayısını Belirleme	40
3.2.2.4 Nöron Sayısının Belirlenmesi	41
3.2.2.5 Normalizasyon	41
3.2.2.6 Performans Fonksiyonunun Seçimi	42
4.PLASTİK ENJEKSİYON PROSESİNDE OPTİMUM BAŞLANGIÇ PARAMETRELERİNİN YAPAY SİNİRAĞI MODELİ KULLANARAK TAHMİNİ	43
4.1. Yeni Ürün Devreye Alma Süreci	43
4.2. Plastik Enjeksiyon Sürecinin Modellenmesi.....	44
4.2.1.Enjeksiyon Parametrelerini Etkileyen Faktörler	44
4.2.2. Enjeksiyon Parametreleri	45
4.3. Yapay Sinir Ağları Modelinin Tasarım Aşaması.....	48
4.3.1 Early Stopping Kuralı ile Eğitim	53
4.3.2 Ağ Mimarisi	55
5.ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	66

KAYNAKLAR	68
EK 1 – OPERASYON KONTROL PLANI ÖRNEĞİ (MAKİNA AYAR KARTI).....	71
EK 2 – EĞİTİM KÜMESİ GİRDİ VEKTÖRÜ	73
EK 3 – EĞİTİM KÜMESİ HEDEF VEKTÖRÜ	74
EK 4 – DOĞRULAMA KÜMESİ GİRDİ/HEDEF VEKTÖRÜ	76
TEŞEKKÜR.....	78
ÖZGEÇMİŞ	79

SİMGELER DİZİNİ

X	-	Küme içindeki herhangi bir değer
X_{yeni}	-	Küme içindeki elemanların normalizasyondan sonraki değeri
X_{max}	-	Küme içindeki en büyük değer
X_{min}	-	Küme içindeki en küçük değer
N	-	Küme deki eleman sayısı
t_i	-	Hedef değer
t_{di}	-	Bulunan değer

KISALTMALAR

YSA	-	Yapay Sinir Ağları
MSE	-	Ortalama Karesel Hata (Mean Square Error)
SSE	-	Toplam Karesel Hata (Sum Square Error)
RMS	-	Ortalama Karesel Hatanın Kökü (Root Mean Square)
VPT	-	Hızdan Basınca Geçiş Noktası (velocity pressure transfer point)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Plastik enjeksiyon makineleri elemanları.....	7
Şekil 3.2 Plastik enjeksiyonun şematik gösterimi	9
Şekil 3.3 Helezonun yapısı	10
Şekil 3.4 Mekanik mengene sistem yapısı	14
Şekil 3.5 Hidrolik mengene sistem yapısı	15
Şekil 3.6 Hidromekanik mengene sistemi yapısı	16
Şekil 3.7 Tipik bir kontrol ünitesi	17
Şekil 3.8 Sıcaklık ayarı kontrol ünitesi görüntüsü.....	22
Şekil 3.9 Enjeksiyon hızı ayarı kontrol ünitesi görüntüsü	23
Şekil 3.10 Enjeksiyon çevrimi	25
Şekil 3.11 Doğrusal fonksiyon.....	33
Şekil 3.12 Kısmi doğrusal fonksiyon	34
Şekil 3.13 Lojistik sigmoid fonksiyonu.....	34
Şekil 3.14 Hiperbolik tanjant fonksiyonu	35
Şekil 3.15 Yapay sinir ağının çalışması	35
Şekil 4.1 Et kalınlığı tasarımı	44
Şekil 4.2 Ocak sıcaklık kontrol ünitesi görüntüsü.....	46
Şekil 4.3 Enjeksiyon hızları kontrol etkisi görüntüsü	46
Şekil 4.4 Eğitim ve doğrulama kümesinin hata değişim grafiği	54
Şekil 4.5 Train komutuyla eğitilen ağın hata performansı izleme grafiği	56
Şekil 4.6 Hata değerlerinin ilerleyişini gösteren grafik.....	57
Şekil 4.7 Transfer fonksiyonları.....	58
Şekil 4.8 130L kapı konsolu parçası	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1 Enjeksiyonda kademeli hız kavramı	47
Çizelge 4.2 Eğitim verileri (girdi değerleri)	50
Çizelge 4.3 Eğitim verileri (hedef değerleri)	51
Çizelge 4.4 Doğrulama verileri girdi değerleri	52
Çizelge 4.5 Doğrulama verileri hedef değerleri	53
Çizelge 4.6 Farklı nöron sayıları için ağ performansı	59
Çizelge 4.7 Farklı nöron sayıları için ağ performansı	60
Çizelge 4.8 Farklı nöron sayıları için ağ performansı	61
Çizelge 4.9 Girdi vektörü değerleri	62
Çizelge 4.10 Ağ çıktısı optimum değer (gerçek değer) karşılaştırılması	63
Çizelge 4.11 Örnek girdi vektörü değerleri	64
Çizelge 4.12 Kapı konsolu parçası ağ çıktısı optimum	65
değer (gerçek değer) karşılaştırılması	65

1. GİRİŞ

Otomotiv endüstrisinin gelişmelere liderlik ettiği günümüzde, plastik gibi hafif, geri dönüşümlü, dayanıklı bir malzemenin otomotiv üreticilerinin göz bebeği olması, plastik üretimi yapan firmaların sayısını arttırmıştır. Özellikle karmaşık parçaların üretiminde kullanılan plastik enjeksiyon yöntemi otomotiv tedarikçileri arasında yerini almıştır. Seri üretim şartlarına adaptasyonda çok başarılı olan plastik enjeksiyon teknolojisi, otomotiv endüstrisinin gerekliliklerini (maliyet, min stok, düşük cycle ...) rahatlıkla yerine getirebilmektedir. Özellikle saç kalıpcılığıyla karşılaştırılan plastik enjeksiyon, ıskarta malzemelerin anında üretime geri kazandırılması (recycle) ile saç kalıpcılığının bir adım önüne geçmiştir.

Plastik enjeksiyon yöntemi ülkemizde yeni olmamasına karşın, gelişimi Avrupa ülkelerine göre daha yavaş olmuştur. Özellikle makine parametrelerinin programlanması sırasında ihtiyaç duyulan kalifiye işgücü (formen) eksikliği göze çarpmaktadır, bu konuda akademik eğitimin yetersiz olması da rol oynamaktadır. Özellikle yeni ürün devreye alma aşamasında kalifiye işgücüne ihtiyaç duyulmaktadır, çünkü enjeksiyon makinelerinde özellikle yeni ürün devreye alma aşaması (bir ürünün o makinede ilk defa üretileceği anlamına gelir) oldukça uzun sürmektedir. İş gücü ve makine maliyetlerinin yüksek olması yeni ürün devreye alma sürecini ciddi bir maliyet haline getirir. Bu noktada firmalar yeni ürün devreye alma sürecini kısa tutmak için formenler içinde en tecrübelisini bu iş için görevlendirir. Formen için bu sürecin kısa sürmesi başlangıç parametrelerini, optimum parametrelere yakın seçmesine bağlıdır. Başlangıç parametreleri programlandıktan sonra formen için deneme yanılma yöntemiyle optimum parametrelere doğru ilerleme başlamıştır. Bir kez optimum makine parametrelerine ulaştıktan sonra çevre şartlarında ciddi bir değişim olmadığı sürece bu parametrelerle baskı alınır.

Yeni ürün devreye alma sürecini kısa tutabilen firmalar maliyet ve imaj olarak kazançlıdırlar. Üretim maliyetleri olarak direk katkısı olduğu gibi piyasa şartlarında bu yetkinlikleri yeni iş olanakları açar. Gerek Plastik enjeksiyonun yapısı gerekse farklı tecrübesel yaklaşımlardan dolayı, plastik enjeksiyon sürecinin optimizasyonunda doğrusal olmayan ilişkiler mevcuttur. Bilgi ve tecrübe formenlerin zihninde olduğu için geliştirilecek modelin bu bilgiyi depolama özelliğine sahip olması gerekmektedir. Bu bilgiyi kullanarak benzer girdiler için uygun çıktılar tahmin edebilmelidir. Bu noktada Yapay sinir ağı (YSA) seçilmiştir. Geliştirilen model, yeni ürünler için optimum başlangıç enjeksiyon parametrelerini tahmin ederek, yeni ürün devreye alma sürecini kısaltmaktadır.

2. KONUYLA İGİLİ ÇALIŞMALAR

Yapay sinir ağlarının çok geniş alanlarda uygulama örnekleri olmasına karşın, otomotiv endüstrisinde önemli bir yere sahip olan plastik enjeksiyon sürecinin yapay sinir ağları ile modellenmesine ilişkin bir çalışmaya araştırma kapsamında rastlanmamıştır. Yapılan tez çalışmasının ilk olarak bu boşluğu doldurması düşünülmüştür.

Yapay sinir ağı, beyindeki sinirlerin çalışmasını taklit ederek sistemlere öğrenme, genelleme yapma, hatırlama gibi yetenekler kazandırmayı amaçlayan bilgi işleme sistemidir. İnsan beyninin ve düşünme yeteneğinin taklit edilmesi isteği sanıldığığının aksine çok eski zamanlarda var olmuş bir istektir. Beynin üstün özellikleri, bilim adamlarını üzerinde çalışmaya zorlamış ve beyin nörofiziksel yapısından esinlenerek matematiksel modeli çıkarılmaya çalışılmıştır. Beynin bütün davranışlarını modelleyebilmek için fiziksel bileşenlerinin doğru olarak modellenmesi gerektiği düşüncesi ile çeşitli yapay hücre ve ağ modelleri geliştirilmiştir.

Son yıllarda yapay sinir ağları, özellikle günümüze kadar çözümü güç veya karmaşık olan çok farklı alanlardaki problemlerin çözümüne uygulanmış ve genellikle başarılı sonuçlar alınabilmiştir.

Myint (2003) çalışmalarında ancak uzman ekip vasıtasıyla oluşturulabilen kalite fonksiyonları yayılımı gibi araçların uzman ekip eksikliğinde de devamlılığının sağlanabilmesi için yapay sinir ağlarının beyni taklit eden özelliklerini kullanarak akıllı kalite fonksiyonu yayılımı modeli geliştirmiştir. Burada amaç uzmanların bilgi ve tecrübelerini model içinde saklamak ve uzmanların eksikliğinde çalışmanın devamlılığını sağlamaktır.

Tebelskis (1995) çalışmalarında ses tanımlama gibi günümüzde ticari anlamda yaygın kullanılan modeli geliştirmiştir. Mitchell (1997) çalışmalarında harf tanıma, imza tanıma gibi alanlarda kullanılan yapay sinir ağı modelini geliştirmiştir. Lagaros ve Papadrakakis (2003) çeşitli alanlarda optimizasyon problemleri için yapay sinir ağı modelleri geliştirmiştir. Kim ve Yum (2003) çalışmalarında yapay sinir ağı mimarisinin yapısının tayini için bir deneysel tasarım metodu geliştirmiştir.

YSA'lar insan beyninin fonksiyonel özelliklerine benzer şekilde aşağıdaki konularda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. (Jain ve ark. 1993).

- _ Öğrenme
- _ İlişkilendirme
- _ Sınıflandırma
- _ Genelleme
- _ Tahmin
- _ Özellik Belirleme
- _ Optimizasyon

YSA'ları çok farklı alanlara uygulanabildiğinden bütün uygulama alanlarını burada sıralamak zor olmakla birlikte genel bir sınıflandırma ile YSA'nın uygulama alanları aşağıdaki gruplara ayrılabilir (Jain ve ark. 1993).

Arıza Analizi ve Tespiti: Bir sistemin, cihazın ya da elemanın düzenli (doğru) çalışma şeklini öğrenen bir YSA yardımıyla bu sistemlerde meydana gelebilecek arızaların tanımlanma olanağı vardır. Bu amaçla YSA; elektrik makinelerinin, uçakların yada bileşenlerinin, entegre devrelerin v.s. arıza analizinde kullanılabilir.

Tıp Alanında: EEG ve ECG gibi tıbbi sinyallerin analizi, kanserli hücrelerin analizi, protez tasarımı, transplantasyon zamanlarının optimizasyonu ve hastanelerde giderlerin optimizasyonu v.s gibi uygulama yeri bulmuştur.

Savunma Sanayi: Silahların otomasyonu ve hedef izleme, nesnelere/görüntüleri ayırma ve tanıma, yeni algılayıcı tasarımı ve gürültü önleme v.s gibi alanlara uygulanmıştır.

Haberleşme: Görüntü ve veri sıkıştırma, otomatik bilgi sunma servisleri, konuşmaların gerçek zamanda çevirisi v.s gibi alanlarda uygulama örnekleri vardır.

Üretim: Üretim sistemlerinin optimizasyonu, ürün analizi ve tasarımı, ürünlerin (entegre, kağıt, kaynak v.s.) kalite analizi ve kontrolü, planlama ve yönetim analizi v.s. alanlarına uygulanabilir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1. Plastik Enjeksiyon Teknolojisine Giriş

Metal, ağaç, cam ve seramik gibi yüzyıllarca kullanılan ve halen de kullanılmakta olan malzemelere alternatif olarak ortaya çıkan plastikler, artık tüm sanayi toplumları için önemi gittikçe artan sanayi sınıfı olmuştur. 1800'li yılların sonlarına doğru ilk örnekleri ve ilk işleme teknikleriyle ortaya çıkan bu malzeme türü, bir yüzyıldan biraz fazla bir zaman diliminde hem kalite hem de çeşitlilik açısından diğer malzeme cinsleriyle kıyaslanamayacak derecede hızlı bir gelişme göstermiş, saf olarak veya içine katkı maddesi eklenerek neredeyse tüm diğer malzeme cinslerinden daha çok tercih edilir olmuştur.

Bu kadar hızlı gelişen plastiklerin işleme metotları, maalesef plastik yapıları kadar hızlı bir gelişme gösterememiştir. Plastik işleme makineleri çok farklı tasarımlarda üretilmektedir. Fakat çalışma mantıkları temelde aynıdır.

3.1.2 Plastik Enjeksiyon Teknolojisi

Plastik malzemeleri biçimlendirme de "basınçlı kalıplama, döner kalıplama, basınçta ısı ile biçimlendirme, şişirme ve enjeksiyon kalıplama gibi" teknikler kullanılmaktadır. Püskürtmeli kalıplama ya da enjeksiyon kalıplama da denilen plastik enjeksiyon işlemi, plastik eşya üretiminde kullanılan ve kullanımı her geçen gün diğerlerine göre artan en önemli metotlardandır. Hammaddenin tek bir işleme istenen şekilde kalıplanabilmesini sağlaması ve birçok durumda imal edilen ürün için son işlem uygulamaları gerektirmemesi, bu metodu seri ürün imali için oldukça uygun bir hale getirmektedir.

Plastik enjeksiyon işleminin önemli avantajlarından biri, bu metotla, otomize edilmiş üretim hatlarının bir tek basamağında bile çok karmaşık yapılara sahip ürün elde edilebilmesidir (Anonim 1997) . Oyuncaklar, otomobil parçaları, ev eşyaları, çeşitli elektronik parçaları gibi günlük hayatta rastlanılan plastik ürünlerin birçoğu plastik enjeksiyon işlemi ile üretilmektedirler.

Plastik Enjeksiyon Yönteminin Avantajları:

Plastik enjeksiyon yönteminin avantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Akyüz 2001)

1. Hızlı bir şekilde ürün imal edilebilmesini sağlama
2. Yüksek hacimlerde ürün imal edilebilmesini sağlama
3. Otomasyona uygun olma
4. Hemen hemen hiç son işlem gerektirmeme
5. Çokça değişik yüzey, renk ve şekillerde ürün imal edilebilmesini sağlama
6. Seri üretim imkanı olmayan çok küçük parçaların dahi seri üretimlerinin yapılabilmesini sağlama
7. Malzeme kaybının çok az olmasını sağlama
8. Aynı makinede ve aynı kalıpta farklı malzemelerin kullanılabilmesini sağlama
9. Düşük toleranslarda çalışabilmesini sağlama
10. Kalıba metal veya ametallerin eklenerek enjeksiyon yapılabilmesini sağlama
11. Plastik malzemeye asbest, talk, karbon gibi maddelerin eklenerek enjeksiyon yapılabilmesini sağlama
12. İmal edilen ürünlerin iyi mekanik özelliklere sahip olmasını sağlama

Plastik Enjeksiyon Yönteminin Dezavantajları:

Plastik enjeksiyon yönteminin dezavantajları aşağıdaki gibi özetlenebilir (Akyüz 2001)

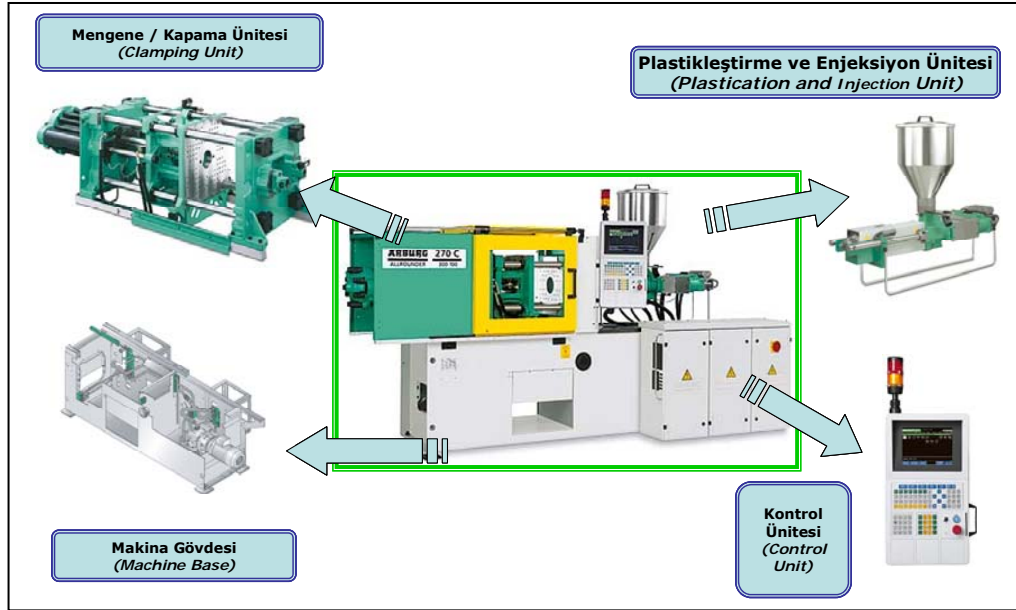
1. Sektördeki yoğun rekabetten dolayı kar marjının düşük olması
2. Kalıp fiyatlarının pahalı olması
3. Enjeksiyon makinelerinin ve yedek parçalarının pahalı olması
4. İyi derecede işlem kontrolünün henüz tam anlamıyla sağlanamamış olması
5. Malzeme kontrolünün makine tarafından direkt ve sürekli olarak yapılamaması
6. Yeni ürün devreye alma sürecinin uzun sürmesi

Plastik enjeksiyon: Enjeksiyon işlemi için gerekli ekipman “enjeksiyon makinesi” ve “kalıp” olmak üzere iki ana kısımdan oluşur.

Bir enjeksiyon makinesinin başlıca bölümleri;

- Plastikasyon (plastikleştirme) ve enjeksiyon ünitesi
- Mengene ünitesi
- Kontrol sistemi

- Kalıp ve kalıp elemanları (kalıp ısı kontrol cihazları, sıcak yolluk ısı kontrol cihazları gibi)'dir.



Şekil 3.1 Plastik enjeksiyon makineleri elemanları (Turaçlı 2003)

Kullanılan enjeksiyon makinelerinin belli limitler dahilinde, farklı geometrilere sahip hemen hemen her tür eşya üretimi sağlayan farklı kalıplar kullanabilme özellikleri, bu makinelerin sözde üniversal yani yaygın veya genel makineler olarak adlandırılmalarına sebep olmuştur.

Bir enjeksiyon işleminin en önemli ve en hassas elemanlarının başında kalıp gelir. Bir kalıp, enjeksiyon makinesinin mengene ünitesine monte edilen en az iki parçadan oluşur. Genelde farklı geometride mallar için farklı kalıplar gerekir. Her kalıbın içine plastik malzemenin enjekte edildiği ve enjekte edilen malzemeye şeklini veren bir boşluğu (kalıp boşluğu/kalıp gözü) vardır.

Enjeksiyon işlemi aşağıdaki basamaklardan oluşur (Savaşçı, Uyanık ve Akovalı 2002)

1. Plastikasyonun başlaması: Helezon dönerek bir yandan malzeme hunisinden ocağın içine plastik hammaddeyi alırken bir yandan da erimeye başlayan malzemeyi ocağa aldığı malzeme sayesinde ileri, meme boşluğuna iter. Helezon bu işlemleri yaparken eksensel olarak geriye doğru hareket eder.
2. Plastikasyonun bitmesi: Helezonun dönmesi durur. Memede artık enjeksiyon yapmaya yetecek kadar malzeme vardır.

3.Kalıbın kapanması: Mengene, kalıp parçaları tam olarak üst üste gelecek şekilde sıkıca kapanır.

4.Enjeksiyonun başlaması: Helezon dönmeden, eksensel olarak ileri hareketiyle eriyik malzemeyi kalıp boşluğuna doğru iter yani kalıba enjekte eder.

5.Enjeksiyonun bitmesi ve kalıbın içindeki malzemenin soğuması: Artık sıcak malzeme kalıp boşluklarını tam olarak doldurmuş ve hemen soğumaya başlamıştır. Kalıba enjekte edilen sıcak malzeme daha düşük sıcaklıktaki kalıba temas eder etmez soğumaya başlar ve çekme yapar yani büzülür. İşte malzemenin bu büzülmesini engellemek için kalıba biraz daha malzeme nakledilir (ütüleme veya tutma basınçları safhası)

6.Ürünün kalıptan dışarı atılması: Kalıplanan malzeme yeterince soğuduktan sonra kalıp açılır ve ürün, itici denem sistemi yardımıyla kalıptan dışarı atılır. Bu arada bir taraftan da bir sonraki çevrimin 2. basamağı (plastikasyon) sona ermiş ve kalıp kapanıp bir sonraki enjeksiyon için hazır hale gelmiştir (3.basamak). (bu sırada enjeksiyon grubunun sabit veya hareketli çalışması ürüne ve malzemeye göre değişebilir).

Enjeksiyon olayı bir kez daha şöyle özetlenebilir: granül (tanecik) halindeki plastik malzeme, enjeksiyon grubu gövdesine bağlı malzeme hunisinin içine konur. Buradan helezonun dönme hareketi yardımıyla ocağa alınan malzeme yine helezon sayesinde meme boşluğuna doğru itilir. Huniden enjeksiyon grubuna giren plastik malzeme meme boşluğuna doğru itilirken, ocağın etrafına sarılmış olan ısıtıcılarla ve maruz kaldığı sürtünme sayesinde ısıtılır ve eritilir. Meme boşluğuna dolan eriyiğin miktarının artmasıyla helezon arkaya doğru itilir. Helezon, arka switch veya benzeri başka bir sistem aktive olana kadar yani ayarlanan konum değerine ulaşana kadar geriye doğru yine ocak içerisine malzeme olarak gelir ve durur. Bu, enjeksiyon grubunun mal alma işlemidir.

Switch veya cetvel değeri yani mal alma konumu, kullanılan kalıbın gramajına yani kalıba basılacak malın ağırlığına göre farklılık gösterir. Eğer ocağa gerekenden fazla mal alınırsa enjeksiyon gerektiği şekilde yapılamaz. Çünkü bu şekilde enjeksiyon sırasında kalıba zarar verilebilir veya parçanın çapak

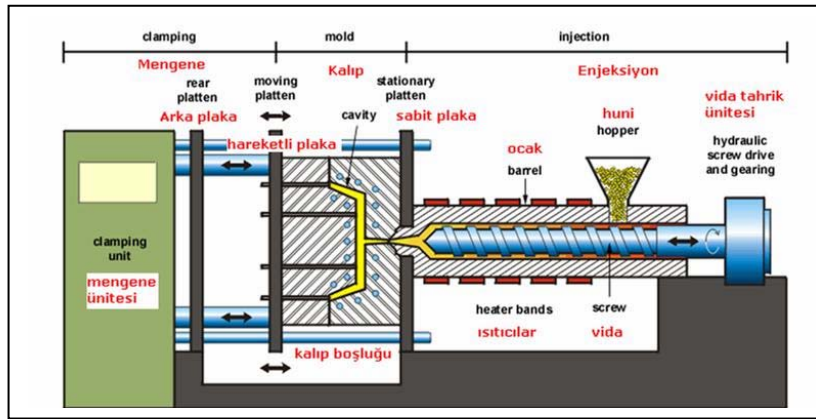
yapmasına neden olunabilir. Eğer gerekli miktarda mal alınmazsa bu da eksik veya bozuk parça üretimine neden olabilir.

Sonraki işlem kalıbın kapanmasıdır. Bir kalıp, imal edilmek istenen ürüne son şeklini veren boşluğa veya boşluklara sahip en az iki parçadan oluşur. Bundan sonraki işlem, helezonun bir piston gibi hareket ederek meme boşluğundaki eriyik durumdaki plastik malzemeyi kalıp boşluğuna itmesidir.(4. basamak). Bu da enjeksiyon işlemidir. Bu işlem sırasında helezon dönmez, sadece ileri doğru hareket eder (5. basamak). Enjeksiyondan hemen sonra malzemeye tutma basınçları uygulanır.

Kalıp içerisindeki yeterince soğumuş malzeme, kalıp açıldıktan sonra bir itici sistemiyle kalıptan dışarı atılır (6. basamak). Böylece bir enjeksiyon çevrimi bitmiştir ve diğer bir çevrim başlamaya hazırdır.

3.1.3 Enjeksiyon İşleminin Elemanları

Enjeksiyon yönteminin esası, tanecikli yapıdaki ham malzemenin ısıtılmakta olan silindirden eritilerek geçirilip ucundaki memeden kapalı kalıp boşluğuna doğru itilmesi şeklindedir. Bu yöntemde kalıba basılan plastik malzeme kalıp boşluğunun biçimini alarak katılaşmaktadır.



Şekil 3.2 Plastik enjeksiyonun şematik gösterimi (Akyüz 2001)

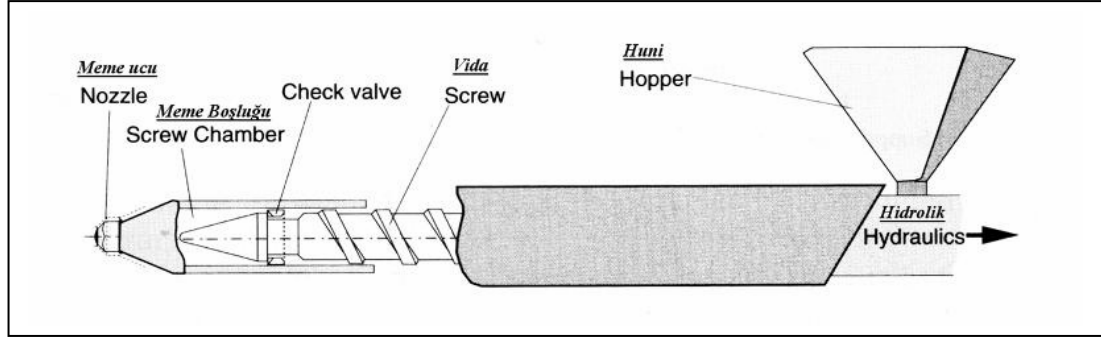
Bir enjeksiyon makinesinin temel işlevleri aşağıdaki gibi özetlenebilir (Turaçlı 2003) ;

1. Plastik malzemenin sıcaklığını basınç altında akış sağlayabilecek dereceye çıkarmak
2. Makinenin kapalı tuttuğu kalıba plastiğin itilip katılaşmasını sağlamak

3. Kalıbı açıp malı çıkarmak

3.1.3.1 Enjeksiyon Ünitesi

Enjeksiyon ünitesinin ana amacı, plastik malzemeyi eritmek ve kalıba basınçlı bir şekilde göndermektir.



Şekil 3.3 Helezonun yapısı

3.1.3.2 Helezon (Vida)

Plastik malzemeyi eriten ve kalıba basan helezon veya helezon sistemleri enjeksiyon makinelerinin en önemli parçalarındandır.

Bir helezon sisteminde bulunması gereken özellikler;

- iyi plastikleştirme (eritme) performansı,
- verimli (kısa zamanlı) malzeme transferi (taşıması),
- etkili eritme ve karıştırma (sıcaklığın ve katkı malzemelerinin homojenliğini sağlayabilme) ve
- iyi kendini temizleme kabiliyeti.

Yukarıdaki ihtiyaçları en iyi şekilde karşılayan ve en geniş kullanım alanına sahip olan sistem, bir silindirin içinde hem dönme hareketi hem de aksel hareket yapma kabiliyetine sahip helezon sistemidir.

Bir helezon sisteminin yani helezonlu bir enjeksiyon grubunun en büyük avantajlarından biri olarak hem malzemeyi eriyik hale getirene kadarki taşıma, eritme ve homojenize etme işlemlerini hem de enjeksiyon ve tutma basınçlarının uygulanması işlemlerini en ekonomik yani ucuz şekilde sağlanması olarak gösterilebilir (Akyüz 2001).

Sürekli aynı ağırlıkta ve aynı kalitede parça üretimi için kalıba basılan malzeme miktarı her seferinde aynı olmalıdır. Bunun için enjeksiyon grubu sürekli aynı sıcaklıkta homojen malzeme baskısı yapabilmelidir.

Geri-dönüşsüz valfler (Çek Valfler) : Enjeksiyon helezonlarına bazen, helezonların enjeksiyon ve tutma basınçları safhalarında bir piston gibi hareket etmesini sağlayan ve bu sırada malzemenin geri akışına engel olan parçalar takılır. Bunlar, helezonun uç bölgesine takılan “geri-dönüşsüz valf veya çek valf” denen parçalardır. Bu parça grubunun hepsine birden “yüzük-torpil” veya yüksük-torpil takımı” da denilmektedir.

Bir geri-dönüşsüz valfde aranan özellikler:

- yüksek verim,
- kısa kapanma süresi,
- yüksek mekanik mukavemet ve
- iyi kendini temizleme yeteneğidir.

Geri-dönüşsüz valflerin verimliliği, enjekte edilen malzeme hacminin plastikleştirilen malzeme hacmine oranıdır. Verimlilik oranı %95 ile 97 arasında değişir ki, bu da valf kapanırken helezon kanallarından geri akan malzemenin %3 ile % 5 arasında olduğunu gösterir (Akyüz 2001).

Bu valflerde bulunması gereken önemli özelliklerden biri de kısa kapanma süreleridir. Geri-dönüşsüz bir valfin kapanma zamanı, helezonun enjeksiyon yapmak üzere eksenel harekete başladığı andan başlayıp valfin geriye doğru iç malzeme akışına izin vermeyeceği duruma geldiği ana kadar geçen zamandır.

Geri-dönüşsüz valfler yüksek oranlarda yüklenmeye maruz kaldıkları için çabuk aşınmaya uğrarlar. Bunun için geri-dönüşsüz valfler, hem kalıba basılan malzemenin boşalttığı yerlere kısa zamanda malzeme gelememesinden dolayı oluşan ölü noktaları önleyebilecek, hem de çabucak aşınmalarını engelleyecek bir tasarıma sahip olmalıdırlar. Ölü noktalar, malzemenin ocak içinde kalma süresini arttırdığı için yanıklara neden olurken renk değişimlerinde de hemen hemen her zaman sorun çıkarırlar.

3.1.3.3 Meme (Nozzle)

Meme, ocağın uç kısmına monte edilen, ocağın ucunun enjeksiyon yapabilmek için kalıbın yolluk burcuna tam olarak denk gelmesini sağlayan ve yapısına göre plastikasyon ve soğutma esnasında ocağın ağzını kapayarak dışarı mal akışını önleyen parçadır.

Memeler açık veya kapalı (kapatılabilir) şekildedir. Akış kesme memeleri de denen kapalı memeler kendi kendine kontrollü(oto-kontrollü) veya dışarıdan kontrollü olabilir.

Açık memeler genelde akış yönünde konikleşen basit bir kanala sahiptirler. Pratikte en kullanışlı olan meme, en az basınç düşmesine neden olan bu açık meme tipidir.

İçten iğneli yay sistemli meme, meme ucunu, kuvveti bir destekle iğneye aktarabilen bir yay sayesinde kapatır. Meme, iğne ucuna etkileyen enjeksiyon basıncı sayesinde açılır. Burada mevcut yay kuvvetini yenmek için bir basınç meydana gelmesi zorunludur.

3.1.3.4 Ocak Isıtma Sistemleri

Ocağın içindeki polimeri ısıtmanın birçok yolu olmakla beraber genelde iki ana sistem kullanılmaktadır.

Bunlardan biri olan rezistanslı ısıtıcı bantlarının en önemli avantajı düşük fiyatları olup, çok kolay monte edilebilir olmaları ve kapasitelerinin çalışma şartlarına göre kolaylıkla ayarlanabilir olması ise diğer avantajlarıdır. Rezistanslı ısıtma sistemleriyle yüksek enerji yoğunluğu sağlamak mümkündür. (4-5 W/cm² ısıtma kapasiteleri genelde yeterlidir). Bu sistemin en önemli dezavantajı olarak yavaş çalışması gösterilebilir. Yani bu sistem ısıyı muhafaza edebilmesine rağmen yüksek sıcaklıklara ulaşmak için uzun sürelerle ihtiyaç duyar.

Diğer ocak ısıtma sistemi olan sıvı ısıtma sistemlerini, sızıntı problemleri nedeniyle kurmak ve çalıştırmak pahalıya mal olmaktadır. Bir de bu sistemlerle ulaşılabilecek maksimum sıcaklık, ısı transferi için yağ kullanıldığından 280-300°C ile sınırlıdır (Turaçlı 2003).

Sıvı ısıtma sistemlerinin en önemli avantajı işlenen eriyik malzemenin ısını kolayca düşürebilmeleridir. Bunun için, tüm çapraz bağlı polimerler gibi

ısı duyarlı malzemeler işlenirken kullanılacak uygun ocak ısıtma sistemi sıvı ısıtma sistemleridir.

Bu makinelerde helezon döner ve bu sırada huniden de mal alır. Helezonun dönme hareketiyle ileri doğru itilen malzeme, aynı zamanda hem helezonun oluşturduğu sürtünme ısı ve hem de ocak ısıtıcılarından aldığı ısıyla erir. Eriyerek hareket eden plastik malzeme meme boşluğuna depolanır. Helezon, kalıbı dolduracak kadar malzeme meme boşluğuna doluncaya kadar, yani mal alma konumuna ulaşıncaya kadar geri gider. Hidrolik piston, geri hareketi esnasında helezonun arkasında oluşan geri basıncını belli bir değerde sabit tutar. Bu sayede helezonun geri dönme hızı azaltılarak daha homojen bir karışım elde edilmesi sağlanır. Plastikasyon işlemi bitip meme boşluğu yeterince malzemeyle dolduktan sonra helezon, bir piston gibi yüksek basınçla ileri doğru hareket ederek plastik malzemeyi meme boşluğundan kalıp içine enjekte eder. Meme ucundan çıkarken malzemenin sahip olduğu basınç değerleri genelde 30 bar ile 2500 bar (3 MPa - 250 MPa) gibi çok yüksek değerler arasında olup bunlara “enjeksiyon basınç değerleri” denir.

Enjeksiyon makinelerinde enjeksiyon grubu, ileri-geri rahatça hareket edebilecek şekilde tasarlanır. Çünkü meme ve kalıp girişi çoğu zaman sadece enjeksiyon ve tutma basınçları aşamalarında temas halindedir. Yani enjeksiyon işlemi sırasında, kalıbın ve malzemenin özelliklerine göre grubun ileri-geri hareketi gerekebilir. Oldukça seri yapılan enjeksiyon işlemleri göz önüne alınırsa grubun rahatlıkla ileri-geri hareket etmesinin gerekliliği anlaşılabilir. Böylesi durumlarda meme ucuyla kalıp girişi arasındaki temas, hem memenin kalıbı ısıtmasını önlemek hem de soğutulan kalıbın memeyi soğutmasını önlemek amacıyla oldukça kısa süreli olmalıdır. Çünkü fazla soğuyan meme ucu içindeki malzemenin de soğuyup memeyi tıkamasına neden olabilir. Bu da ocak basıncının yükselmesiyle tehlikeli bir hal alabilir

3.1.3.5 Mengene Ünitesi

Bir enjeksiyon makinesinin Mengen ünitesinin başlıca görevleri;

- kalıbı kapamak,

- enjekte edilen malzemenin ürün haline dönüşmesi için kalıbı kapalı tutmak ve
- ürünün çıkarılması için kalıbı açmak şeklindedir.

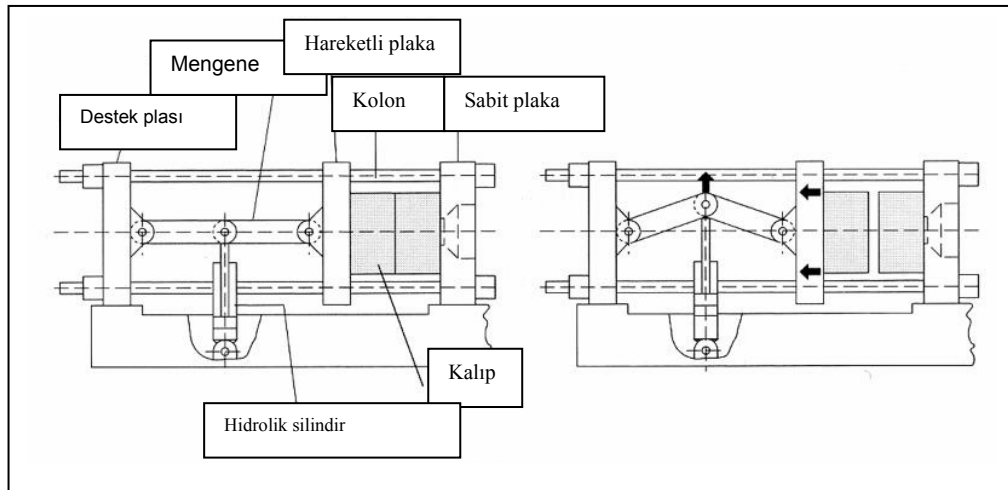
Bir enjeksiyon makinesinin mengene sistemi yatay prese benzer. Bu sistem ana olarak;

- bir sabit plaka,
- bir hareketli plaka,
- bir L-plaka (destek plakası) ve
- hareketli plakanın hareketini sağlayan bir tahrik sisteminden meydana gelir. Bu tahrik sistemi genelde hidrolik bir sistemdir.

Günümüzde en çok bilinen üç çeşit mengene sistemi vardır. Bunlar (Anonim 1997):

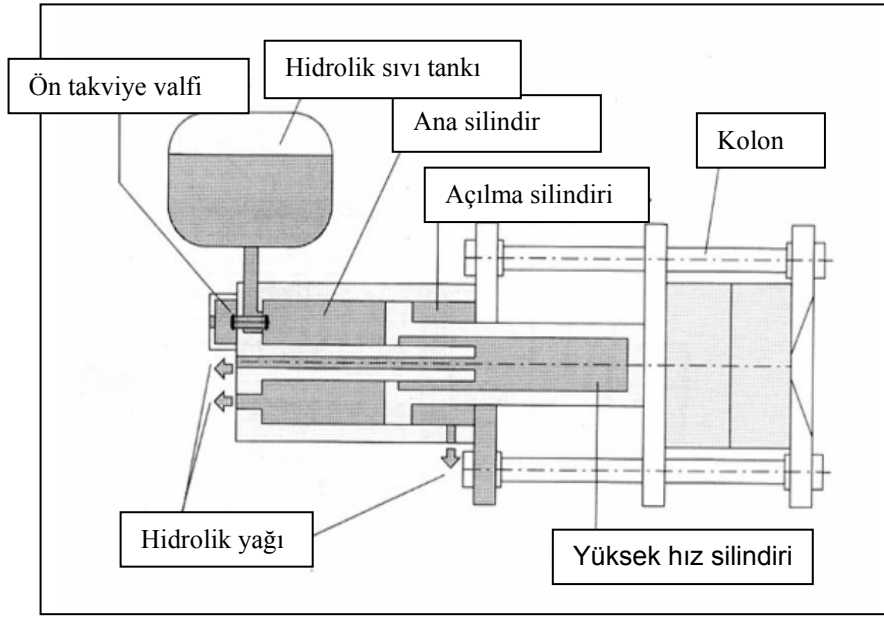
- Mekanik mengene sistemi
- Hidrolik mengene sistemi ve
- Hidromekanik mengene sistemidir

Mekanik mengene sistemleri: Mekanik mengene sistemlerinde gerekli mengene hareketleri ve kapama kuvveti, mekanik sistemin kinematiği sayesinde sağlanır.



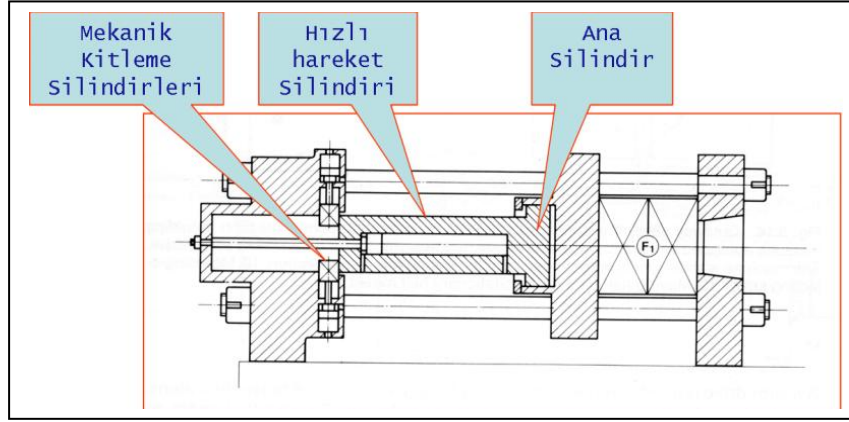
Şekil 3.4 Mekanik mengene sistem yapısı (Anonim 1997)

Hidrolik mengene sistemleri: Hidrolik mengene sisteminin yapısı mekanik sistemlerden tamamıyla farklıdır. Bu sistemin belirgin özelliği, mengene kapama kuvvetini sağlayan büyük silindirdir. Bir de bu sistemlerde genelde ana silindirden daha küçük olup büyük yağ kütlelerine gerek kalmadan yüksek basınçta açma kapama işlemini yapan yardımcı silindirler vardır. Kapama kuvvetini ana silindirdeki yağın oluşturması ve yağın çeliğe oranla tabii ki daha az rijit olması, hidrolik sistemlerde kalıbın mekanik sistemlere oranla daha fazla deforme olmasına neden olmaktadır.



Şekil 3.5 Hidrolik mengene sistem yapısı (Anonim 1997)

Hidromekanik mengene sistemleri: Özellikle büyük makinelerde hidrolik sistemde hareket ettirilen büyük miktarlardaki yağı azaltmak ve sisteme hız kazandırmak için, sisteme ekstra mekanik elemanlar dahil edilmiştir. Bu sistemlerde kapama işlemi bir veya birkaç küçük ama uzun stroklu hidrolik silindir tarafından sağlanır. Bundan sonra kilitleme özel mekanik kilitleme elemanlarıyla sağlanır. Kilitleme kuvveti, küçük stroklu ve geniş etki alanına sahip bir hidrolik piston tarafından uygulanır. Böylece yağın gereksiz dolaşımı da önlenmiş olur. Buna ilaveten bu sistemlerde kilitleme kuvvetine, düşük hacimli hidrolik pistonları sayesinde, hidrolik mengene sistemlerine oranla daha hızlı ulaşılır.



Şekil 3.6 Hidromekanik mengene sistemi yapısı (Anonim 1997)

Kalıplar en az iki ana parçadan meydana gelirler. İki parçalı kalıbın bir parçası eksensel hareket eden hareketli plakaya, diğer parçası ise sabit plakaya monte edilir. L-plaka normalde hareketli olmayıp sadece farklı büyüklüklerdeki yani farklı kalınlıklardaki kalıp ayarları için eksensel olarak genelde redüktörlü bir motorla, bazen de hidrolik bir motorla hareket ettirilir. Enjeksiyon sırasında kalıp içi basıncının dış basınçtan çok daha büyük değerler çıkması, kalıbın açılmasına ve malzemenin taşmasına yani çapak yapmasına sebebiyet verebilir. Ürüne son işlem gerektiren çapak oluşumu, zaman ve enerji kaybına neden olduğu için hiç de istenilen bir durum değildir. Bu sebeple bir enjeksiyon makinesinin mengene sistemi, kalıbı gerekli kuvvetle kapalı tutabilmelidir. Burada “kalıp kapama kuvveti” denen ve makinenin gücünü dolayısıyla büyüklüğünü belirten bir karakteristiği ortaya çıkar. Enjeksiyon makinelerinin büyüklüğünü belirlemedeki en önemli özellik olan “kalıp kapama kuvveti” daha çok 25 ton ile 5000 ton (metrik ton) sınırları içindedir. Ama bazen bu sınırların dışında kalıp kapama kuvvetine sahip enjeksiyon makinelerine rastlamak da mümkündür (Turaçlı 2003).

3.1.3.6 Makine Kontrol Sistemi

Enjeksiyon makinelerinde kullanılan kontrol sistemleri çok çeşitlidir. Normal olarak, çalışma sırasında kontrol ünitesinin ekranında görüntülenmesi gereken bazı fiziksel değerler vardır.

Bunlar:

- ocak ve kalıp sıcaklıkları
- helezonun, enjeksiyon grubunun, kalıbın (yani mungenenin) veya iticinin konumları,
- helezonun enjeksiyon hızı veya hızları ile kalıbın kapanma ve açma hızları,
- tutma basınçları ve hidrolik mungeneli sistemlerde mengene kapama kuvveti gibi değerlerdir.



Şekil 3.7 Tipik bir kontrol ünitesi (Anonim 1997)

Kontrol sistemi ekranı sadece bu fiziksel değerleri göstermekle kalmayıp tüm enjeksiyon işlemini koordine etmeli ve kullanıcıya (makine operatörüne) bu yönde kolaylık sağlamalıdır.

Modern makinelerde kontrol işlemi dijital ve elektronik ünitelerle sağlanır. İlk olarak elektrikli kontrol panolarıyla kumanda edilen enjeksiyon makineleri, daha sonra teknolojik gelişmeleri yakından takip ederek mikro işlemci yapılı, işlem kontrollerinin hepsi bir veya daha fazla CPU (Merkezi İşlem Birimi) tarafından denetlenen, sanayi ortamında çalışabilecek yapıda, üzerine

elektriksel bağlantıların yapılabileceği noktaların bulunduğu PLC (Programlanabilir Mantıksal Kontrolör) kumandalı sistemlerle kontrol edilmeye başlanmıştır. Günümüzde artık sadece PLC ile değil, normal PC'ler (Kişisel Bilgisayar), IPC'ler (Industrial PC) veya İstatiksel Proses Kontrol cihazları gibi çok gelişmiş sistemlerle de kontrol sağlanabilmektedir(Anonim 1997).

Kontrol edilmesi gereken sıcaklık, konum, hız ve basınç gibi fiziksel değerler termokupil (thermocouple), basınç ve konum transduserleri gibi özel aletlerle tespit edilir ve kontrol bilgisayarına gönderilir. Kontrol sistemi bu bilgiler ışığında gerekli fonksiyonları icra eder. Mesela, eğer ocak ısı ayarlanmış değer altında ise, ocak ısıtıcıları yani ocak rezistanları devreye alınır; üstünde ise ısıtıcıları devre dışı bırakılır. Veya mesela helezon önceden belirlenmiş konuma ulaştığında mal alma valfi kapatılır ve helezonun mal alma işlemi durdurulur. Veya mengene belirlenen konuma geldiğinde yavaşlamaya başlar, belirlenen konuma geldiğinde hızlanmaya başlar ve belirlenen yere kadar açılır. Bu gelişmiş kontrol sistemleriyle makinelerin hemen hemen her türlü çalışma fonksiyonları ayarlanabilmektedir.

3.1.3.7 Kalıp

Enjeksiyon işleminin en önemli elemanlarından biri kalıptır. Çünkü baskı kalıba yapılır. İki veya daha fazla parçadan oluşan kalıplar, üretilen her parça için farklı yapıda ve özelliktedir.

Bir kalıp;

- erimiş malzemenin kalıp boşlukları içinde rahatça akışını sağlayabilmeli,
- erimiş malzemeye istenen son şeklini verebilmeli,
- son şeklini almış malzemeyi soğutup ürün haline getirebilmeli (çapraz örgülü malzemeleri ısıtabilmeli) ve
- ürünü sağlıklı bir şekilde dışarı atabilmelidir.

Bir kalıp ana olarak dört parçadan oluşur (Turaçlı 2003):

1. **Yolluk sistemi:** Eriyik malzemeyi boşluklara dağıtır.
2. **Kalıp boşluğu (kalıp gözü) :** Eriyik malzemeye son şeklini verir.
3. **Isı sistemi:** Eriyik malzemeyi soğutur (veya ısıtır.)
4. **İtici sistemi:** Ürün haline gelmiş malzemeyi kalıp dışına atar.

Kalıplar makine ve üretilecek parça özelliklerine göre çok çeşitli tasarımlarda olabilirler.

Makineye kolayca bağlanabilmesi gereken bir kalıp, gerektiğinde fazladan isteklere cevap verebilecek şekilde dizayn edilebilir. Kalıbın makineye bağlanırken tam merkezlenmesi için, yani meme ucunun kalıp besleme burcunun merkezine tam denk gelebilmesi için yerleştirme halkası (kalıp flanşı da denir) kullanılır.

Kalıbın en önemli özelliklerinden birisi de, içinde ürün haline gelen malzemenin en güvenli şekilde, hiç zarar görmeden dışarı çıkarılmasını sağlamaktır. Bu da kalıbın en az iki parçadan oluşmasını gerektirir. Biri hareketli plaka (gezer plaka da denir), diğeri sabit plaka üzerinde bulunan kalıp parçaları her baskıda rahatça açılıp tekrar üst üste gelecek şekilde kapanabilmelidir. Bunun için kalıp parçalarının tam olarak üst üste gelmesi kılavuz pimleri sayesinde sağlanmalıdır.

Yolluk sistemi: Yolluk sisteminin görevi, kalıba enjekte edilen eriyik malzemeyi kalıp boşluğuna veya boşluklarına dağıtmaktır.

Enjeksiyon süresince meme ucu kalıp yolluk burcuyla temas halinde olup buradan kalıba çok yüksek basınçlarda sıcak malzeme enjekte edilir. Birden fazla boşluklu kalıplarda ana yolluk kanalına ulaşan malzeme buradan yolluklarla girişi çok küçük kesit alanlarına sahip boşluklara aktarılır. Kalıp boşluklarının girişinin çok küçük olmasının bir sebebi ürün haline gelecek malzeme üzerinde oluşması muhtemel gözle görünür işaretleri veya izleri azaltmaktır. Diğer bir sebep de boşluğa ulaşana kadar soğumaya başlamış malzemeye sürtünmeyle ısı vermektir.

Kalıp boşluğu (kalıp gözü): Kalıp boşluğu, içine enjekte edilen sıcak haldeki eriyik malzemeye son şeklini verir. Çıkıntılarla beraber kompleks şekiller oluşturan kalıplar sadece sabit parçalardan değil, mengene kapandığında malzemeye son şeklini veren boşluğu oluşturmak üzere, birbirine kenetlenen hareketli parçalardan da oluşabilir. Kalıbın bu şekilde hareketli parçalardan oluşmasının en önemli sebebi ürünün kalıp dışına rahatça çıkarılmasını sağlamaktır. Çıkıntılar ise daha ziyade deliklerin etrafında mukavemet kazandırmak ve bağlantıyı sağlamak üzere düzenlenirler.

Enjeksiyon tekniğiyle imal edilen bir ürünün özellikleri makineye ve çalışma şartlarına bağlı olduğu kadar kalıp tasarımıyla da direkt ilgilidir. Kalıp boşluklarındaki ve yolluk sistemindeki akış işlemi polimer makro moleküllerinin oryantasyonunu, dolayısıyla parçanın iç gerilmelerini etkiler. Kalıp içindeki bu ve buna benzer olaylar sonuçta ürünün özelliklerini yani kalitesini belirler.

İtici sistemi: Herhangi bir kalıptan ürün elde edebilmek için kalıbın en az iki parçadan meydana gelmesi gerekir. Baskı yapıldıktan sonra kalıp bölme çizgisinden ayrılır ve ürün haline gelmiş malzeme ya elle alınır ya da bir itici sistemi tarafından kalıptan dışarı atılır.

Kalıbın özelliğine göre pimlerden veya halkalardan meydana gelen kalıp iticisi, kalıp açıldığında ürünün kaldığı tarafta yani hareketli plaka tarafında, kalıp içinde gömülü olup kalıp açıldıktan sonra ürünü dışarı iter. Kalıp üzerinde itici görevi gören parça veya parçalar makinenin ana itici sistemine bağlanır. Başka bir ifadeyle, makinenin itici pistonu kalıbın iticisini çalıştırır ve ona hareket verir.

Bir kalıbın iki parçası, makine tarafından tam üst üste gelecek şekilde kapatılabilmelidir. Kalıp parçalarının en doğru şekilde pozisyonlanması için bir veya daha fazla ayarlama parçası (kalıp flanşı gibi) kullanılır. Kalıp parçalarının hem yüksek basınçta boşluklara enjekte edilen malın dışarı çıkışına engel olacak, hem de mal boşluğa dolarken boşluk içindeki havanın dışarı çıkışına yardımcı olacak şekilde kapatılması sağlanmalıdır. Karmaşık parçaların kalıp dışına çıkarılması daha zordur. Bunun için kalıbın ikiden fazla hareketli parçaya sahip olması gerekebilir.

Isı kontrol sistemi: Kalıp ısı kontrol sisteminin görevi kalıbı, dolayısıyla içindeki malı soğutarak (çapraz bağlı malzemeler – termosetler ve elastomerler – için ısıtarak) dışarı çıkışını sağlamaktır. Bu ısı kontrol sistemi hem ürün kalitesini, hem de parça soğutma zamanını etkilediği için büyük önem arz etmektedir.

Termoplastik malzemelerle çapraz bağlı malzemelerin kalıp ısı kontrol sistemleri temelde farklılıklar gösterir. Termoplastiklerin kalıptaki sıcaklıklarının 200-300°C'lik çalışma sıcaklıklarından 50-100°C'ye kadar düşürülmesi gerekirken, çapraz bağlı malzemelerin kalıp sıcaklıklarının, bunun aksine,

çapraz bağ (çapraz örgü) reaksiyonunun başlayabilmesi için, 50-120°C'lik çalışma sıcaklıklarından 200°C'ye kadar yükseltilmesi gerekmektedir.

Soğuma zamanı, yani kalıba enjekte edilen malzemenin sıcaklığının çalışma sıcaklığından kalıptan çıkarılacağı andaki sıcaklığa inmesi için gereken süre, çevrim süresini direk olarak etkilediği için yapılan enjeksiyon işlemini ekonomik açıdan da direkt olarak ilgilendirir. Bundan dolayı soğuma zamanının tespiti ürün maliyetini tespitteki başlıca faktörlerden biridir.

Kalıp soğutma sisteminin bir diğer görevi, kalıp boşluğundaki sıcaklık dağılımını düzgün bir şekilde sağlamaktır. Homojen soğutma, kalıbı soğutmakla görevli akışkanın, kalıba girdiği ve kalıptan çıktığı noktalar arasında oluşan sıcaklık değişmelerini en aza indirmesi anlamına gelir. Soğutma kanallarının duvara olan uzaklıklarının düzensiz olması, kalıp duvarı sıcaklıklarının her yerde aynı olmamasına neden olmaktadır.

Gerekli soğuma zamanının en yüksek kalıp boşluğu duvar sıcaklığına bağlı olması, duvar sıcaklığının her bölgede sabit olmasını gerektirir. Zaten duvar sıcaklığı farkları yani değişik duvar sıcaklıkları, ürünün deforme olmasına yani kalitesinin düşmesine neden olur.

Kalıp, ısı kontrol sistemiyle soğutulur ya da ısıtılır. Termoplastik malzemelerin işlenmesinde kullanılan kalıplar genelde suyla soğutulur. Sulu ısı sistemleri normal olarak 14°C ile 140°C arasında çalışırlar; daha yüksek sıcaklıklar için yağ kullanılması gerekmektedir. Ama bu sıcaklık değerleri aralığında muhakkak sulu ısı sistemleri kullanmak bir zorunluluk olmayıp yağlı sistemler de kullanılabilir. Diğer yandan termoset veya elastomer malzemelerin işlenmesi için kullanılan kalıplar genelde yağ ile veya elektrikli ısıtma cihazlarıyla ısıtılır.

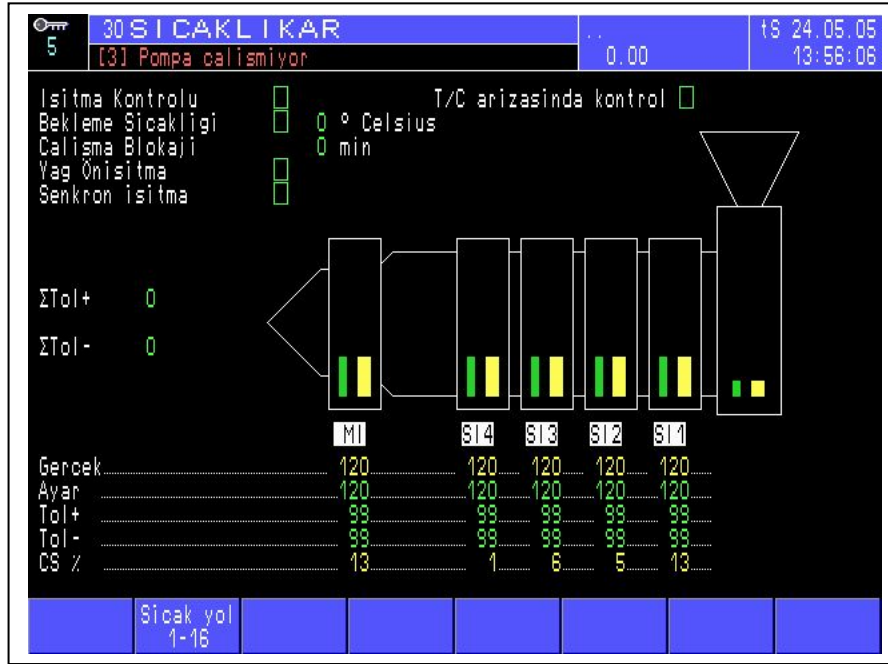
3.1.4 Enjeksiyon Parametreleri

Plastik enjeksiyon prosesi 4 ana değişken ile kontrol edilir (Anonim 1997);

- Sıcaklık
- Hız
- Basınç
- Zaman

3.1.4.1 Sıcaklık Ayarı

Sıcaklık parametrelerinin ayarlanmasında malzemeye ait erime sıcaklığının bilinmesi çok önemlidir. Genel uygulama makine ayar aşamasında düşük sıcaklıklarla denemelere başlayıp çıkan parça üzerinden yorumlar yaparak sıcaklık parametreleriyle ilgili düzeltme yapmak şeklindedir. Kolay ısı kontrolü için, ocak bölgelere ayrılmıştır.



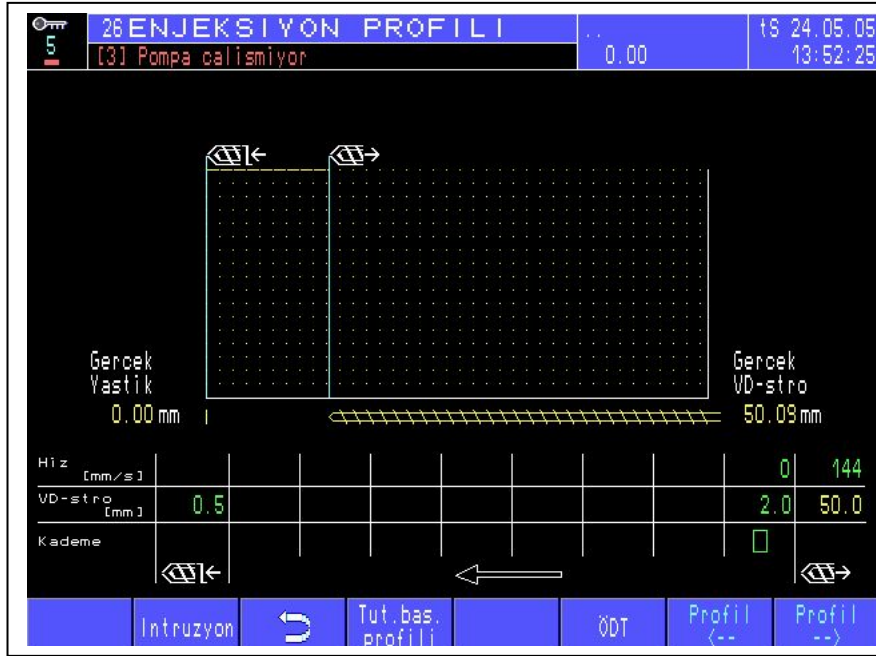
Şekil 3.8 Sıcaklık ayarı kontrol ünitesi görüntüsü

Ocak üzerinde orta bölgelerde (2. 3. ve 4. bölge) yüksek sıcaklıklar kullanılır, diğer noktalarda nispeten daha düşük sıcaklıklar tercih edilir.

Ocak sıcaklıkları aşırı düşük veya aşırı yüksek olabilir, bunların ikisi de yanlıştır. Bunlara ilave olarak erimiş plastikteki sıcaklığın eşit dağılımı da önemli bir faktördür. Aşırı yüksek sıcaklık, polimerlerin ve katkı maddelerinin bozulmasına neden olur. Erime sıcaklığı yüksek olduğu zaman homojen yapı oluşmaz. Bu da darbe direncini azaltır.

3.1.4.2 Enjeksiyon Hızı Ayarı

Vida piston gibi hareket ettiğinde, kalıbın dolma hızıdır. Birimleri mm/sn, m³/sn veya %'dir. Ölçüm birimleri farklı enjeksiyon makinelerinde farklılık gösterebilmektedir. Küçük et kalınlıklarında, yüksek enjeksiyon hızı kullanımı kalıbı plastik donmadan doldurmak için gereklidir. Fakat kalın kısımları olan parçada daha iyi yüzey, yavaş enjeksiyon hızı kullanılarak elde edilir. Genelde mümkün olan en düşük enjeksiyon hızı tercih edilir. Birçok baskı hatası, değişik enjeksiyon hızı kullanılarak çözülür.



Şekil 3.9 Enjeksiyon hızı ayarı kontrol ünitesi görüntüsü

Dolma esnasında basınç gittikçe artar çünkü kalıbın dolması esnasında akışkanlık direnci artar. Kalıp dolmasının belirli bir noktasında örneğin kalıp hemen hemen dolarken veya yolluk girişi donarken akışkanlığa direnç oldukça yüksektir ve vidanın bu oranda basınç vermesini beklemek gerçekçi değildir. Bu noktada kontrol hız kontrolden basınç kontrole değiştirilir. Bu noktada “VPT (hızdan basınca geçiş noktası velocity pressure transfer point)” diye bilinir (Akyüz 2001).

3.1.4.3 Enjeksiyon Basıncı

Kalıbı doldurma esnasında yüksek hızla kalıbı doldurmak için yüksek basınca ihtiyaç duyulabilir. Kalıp dolduktan sonra yüksek basınç gerekli değildir veya arzu edilmeyebilir. Birçok baskıda yüksek ilk basıncı düşük ikinci basınç (ütüleme) takip eder. Çünkü ani basınç değişimi kristal yapıda istenmeyen değişikliğe sebep olur. Oryantasyon (moleküllerin yönelmesi ki bu özellikle plastiğin akış yönünde olur) oranının azaltılması önemlidir. Bunun için kalıp mümkün olduğu kadar çabuk doldurulmalıdır ve erimiş plastik soğutulurken sürtünmemelidir. Çünkü bu durum, plastiğin soğuk ve uzayarak (creep) akışı demektir ki hiç de arzu edilmez.

Eğer VPT noktası yanlış pozisyonda ayarlanırsa yani mesela hızdan basınca geçiş çok erken olursa bu duruma sebep olur. Yolluk girişi donmadan ve enjeksiyon basıncı yeterince yüksek olarak kalıp yavaşça dolar. Bu da baskıda yüksek dahili gerilime (internal stress) sebep olur. Çünkü kalıp yavaşça doldurulurken soğumayla baskıdaki oryantasyon seviyesi maksimumlaşır.

VPT noktasının kesin olarak ayarlanması çok önemlidir. Eğer bu şart yerine getirilmezse değişik yapılarda baskıya sebep olur. Enjeksiyon baskısında baskının aynı özelliklerde yapılması büyük önem arz eder. Farklı yapıya sahip baskı hiç arzu edilmez. VPT değişimi makine operatörü (formen) tarafından gerekli aletlerle kullanılarak yapılır. VPT' deki değişim aşağıdaki özellikler değerlendirilerek tespit edilir:

1. Vida pozisyonu,
2. Hidrolik basınç, (hat basıncı olarak da bilinir),
3. Nozzle (meme) basıncı, (erimiş plastik basıncı olarak da bilinir),
4. Kalıp boşluğu (cavity) basıncı,
5. Kalıp açma gücü,
6. Kalıp açma pozisyonu

3.1.4.4 Ütüleme Basıncı (Arka Basıncı)

Ütüleme basıncı ile kalıbın tam olarak dolması ve detaylarının oluşması sağlanır. Bu basınç, vida tarafından, vida geri gelmeden önce yapılan basınçtır. Yüksek arka basıncı kullanmak renk karışımına ve malzemenin erimesine

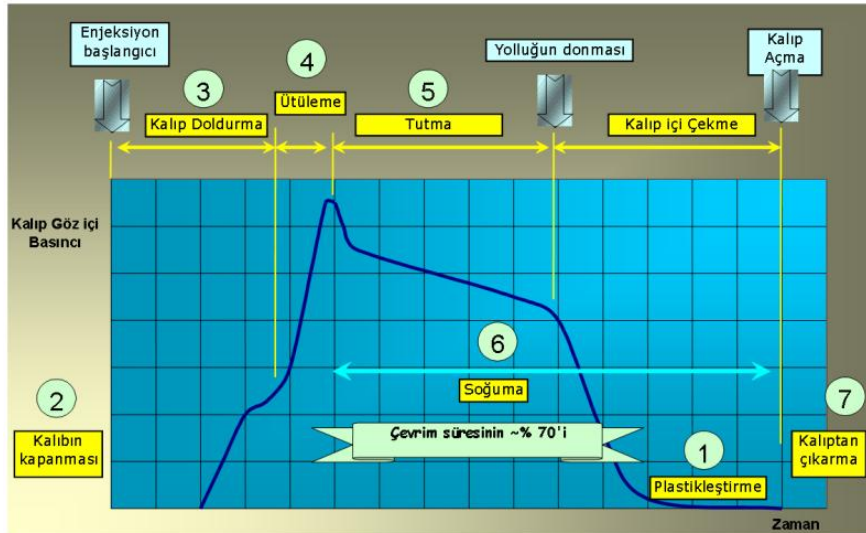
olumlu yönde etki eder fakat vida dönüş süresini artırır. Ütöleme basıncı mümkün olduğu kadar düşük değerlerde tutulur. Her şartta ütöleme basıncı maksimum enjeksiyon basıncının %20' sini geçmemelidir. Arka basıncı ile vida dönme hızı ayarlanarak plastifikasyon (erime) ve sonra da vidanın en kısa zamanda ileri gitmesi sağlanır (Turaçlı 2003).

3.1.4.5 Tutma Basıncı

Çekmeyi azaltmak için parça kalıp içinde basınç (Tutma Basıncı) altında bekletilir. Parça çektikçe içeriye yeni eriyik dolması sağlanır. Tutma aşaması yolluk girişinin donmasına kadar devam eder.

3.1.4.6 Soğuma Zamanı

Makinenin ütöleme basıncına geçtiği andan kalıbın açılmasına kadar geçen sürede parça, kalıbın içinde soğutulur. Soğutma kalıbın içinden geçen su kanalları vasıtasıyla gerçekleştirilir. Soğuma zamanı enjeksiyon çevrim süresinin % 70'lerine kadar sürebilir. Parçanın kalıptan çıktıktan sonraki kararlılığı tamamen soğuma süresinin yeterliliğine bağlıdır. Soğuma süresi, kalıptan çıkan parçanın sıcaklığı ölçülerek ayarlanabilir.



Şekil 3.10 Enjeksiyon çevrimi (Anonim 1997)

3.2 Yöntem

3.2.1. Yapay Sinir Ağları

3.2.1.1 Yapay Sinir Ağlarının Üstünlükleri

Yapay sinir ağları modelleri, biyolojik sinir ağlarının çalışma biçimlerinden esinlenerek ortaya çıkarılmıştır. Yapay sinir ağları, biyolojik olmayan yapı taşlarının düzgün bir tasarımla birbirlerine yoğun olarak bağlanmalarından oluşmaktadırlar. Sinir sisteminin modellenmesi için yapılan çalışmalar sonucu oluşturulan yapay sinir ağları, biyolojik sinir sisteminin üstünlüklerine de sahiptir. Bu üstünlükleri şu şekillerde özetleyebilmek mümkündür (Haykin 1994);

Yapay sinir ağı özellikle doğrusal olmayan sistemlerde öngörüler açısından istatistik tekniklere göre daha kolaylık sağlayan bir özelliğe sahiptir. Bundan dolayı başta işletmecilik ve finans olmak üzere bir çok değişik alanlarda kullanım imkanı bulur.

Paralellik: Alışılmış bilgi işlem yöntemlerinin çoğu seri işlemlerden oluşmaktadır. Bu da hız ve güvenilirlik sorunlarını beraberinde getirmektedir. Seri bir işlem gerçekleşirken herhangi bir birimin yavaş oluşu tüm sistemi doğruca yavaşlatırken, paralel bir sistemde yavaş bir birimin etkisi çok azdır. Nitekim seri bir bilgisayarın bir işlem elemanı beyine göre binlerce kez daha hızlı işlemesine rağmen, beynin toplam işlem hızı seri çalışan bir bilgisayara göre kıyaslanamayacak kadar yüksektir (Haykin 1994).

Gerçeklenme Kolaylığı: Yapay sinir ağlarında basit işlemler gerçekleyen türden hücrelerden oluşması ve bağlantıların düzgün olması, ağların gerçekleşmesi açısından büyük kolaylık sağlamaktadır

Yerel Bilgi İşleme: Yapay sinir ağlarında her bir işlem birimi, çözülecek problemin tümü ile ilgilenmek yerine, sadece problemin gerekli parçası ile ilgilenmektedir ve problemin bir parçasını işlemektedir. Hücreler çok basit işlem yapmalarına rağmen, sağlanan görev paylaşımı sayesinde, çok karmaşık problemler çözülebilmektedir (Haykin 1994).

Hata Toleransı: Sayısal bir bilgisayarda, herhangi bir işlem elemanını yerinden almak, onu etkisiz bir makineye dönüştürmektedir. Ancak yapay sinir ağlarında bir elemanda meydana gelebilecek hasar çok büyük önem oluşturmaz. Yapay

sinir ağlarının (YSA) paralel çalışması, hız avantajı ile birlikte yüksek hata sağlamaktadır. Seri bilgi işlem yapan bir sistemde herhangi bir birimin hatalı çalışması, hatta bozulmuş olması tüm sistemin hatalı çalışmasına veya bozulmasına sebep olacaktır. Paralel bilgi işleme yapan bir sistemde ise, sistemin ayrı ayrı işlem elemanlarında meydana gelecek olan hatalı çalışma veya hasar, sistemin performansında keskin bir düşüşe yol açmadan, performansın sadece hata birimlerinin bir oranınca düşmesine sebep olur. YSA, çok sayıda hücrenin çeşitli şekillerde başlanmasından oluştuğundan paralel dağılmış bir yapıya sahiptir ve ağına sahip olduğu bilgi, ağıdaki bütün bağlantılar üzerine dağılmış durumdadır. Bu nedenle, eğitilmiş bir YSA'nın bazı bağlantılarının hatta bazı hücrelerinin etkisiz hale gelmesi, ağına doğru bilgi üretmesini önemli ölçüde etkilemez. Bu nedenle, geleneksel yöntemlere göre hatayı tolere etme yetenekleri son derece yüksektir (Haykin 1994).

Öğrenilebilirlik: Alışlagelmiş veri işleme yöntemlerinin çoğu programlama yolu ile hesaplamaya dayanmaktadır. Bu yöntemler ile, tam tanımlı olmayan bu problemin çözümü yapılamaz. Bunun yanında, herhangi bir problemin çözümü için probleme yönelik bir algoritmanın geliştirilmesi gerekmektedir. Yapay sinir ağları problemleri verilen örneklerle çözer. Çözülecek problemler için yapı aynıdır. YSA'nın arzu edilen davranışı gösterebilmesi için amaca uygun olarak ayarlanması gerekir. Bu, hücreler arasında doğru bağlantıların yapılması ve bağlantıların uygun ağırlıklara sahip olması gerektiğini ifade eder. YSA'nın karmaşık yapısı nedeniyle bağlantılar ve ağırlıklar önceden ayarlı olarak verilemez ya da tasarlanamaz. Bu nedenle YSA, istenen davranışı gösterecek şekilde ilgilendiği problemde aldığı eğitim örneklerini kullanarak problemi öğrenmelidir.

Genelleme: YSA, ilgilendiği problemi öğrendikten sonra eğitim sırasında karşılaşmadığı test örnekleri için de arzu edilen tepkiyi üretebilir. Örneğin, karakter tanıma amacıyla eğitilmiş bir YSA, bozuk karakter girişlerinde de doğru karakterleri verebilir ya da bir sistemin eğitilmiş YSA modeli, eğitim sürecinde verilmeyen giriş sinyalleri için de sistemle aynı davranışı gösterebilir (Haykin 1994).

Uyarlanabilirlik: YSA, ilgilendiği problemdeki değişikliklere göre ağırlıklarını ayarlar. Yani, belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen YSA, problemdeki değişimlere göre tekrar eğitilebilir, değişimler devamlı ise gerçek zamanda da eğitime devam edilebilir. Bu özelliği ile YSA, uyarlamalı örnek tanıma, sinyal işleme, sistem tanılama ve denetim gibi alanlarda etkin olarak kullanılır.

Donanım ve Hız: YSA, paralel yapısı nedeniyle büyük ölçekli entegre devre (VLSI) teknolojisi ile gerçekleştirilebilir. Bu özellik, YSA'nın hızlı bilgi işleme yeteneğini artırır ve gerçek zamanlı uygulamalarda arzu edilir.

Analiz ve Tasarım Kolaylığı: YSA'nın temel işlem elemanı olan hücrenin yapısı ve modeli, bütün YSA yapılarında yaklaşık olarak aynıdır. Dolayısıyla, YSA'nın farklı uygulama alanlarındaki yapıları da standart yapıdaki bu hücrelerden oluşacaktır. Bu nedenle, farklı uygulama alanlarında kullanılan YSA'ları benzer öğrenme algoritmalarını ve teorilerini paylaşabilirler. Bu özellik, problemlerin YSA ile çözümünde önemli bir kolaylık getirir (Haykin 1994).

3.2.1.2 Yapay Sinir Ağı Çalışma Şekli

Sinir ağı ile hesaplamalarda istenilen dönüşüm için, adım adım yürütülen bir yöntem gerekmez. Sinir ağı ilişkilendirmeyi yapan iç kuralları kendi üretir ve bu kuralları, bunların sonuçlarını örneklerle karşılaştırarak düzenler. Deneme ve yanılma ile, ağ kendi kendine işi nasıl yapması gerektiğini öğrenir. YSA'larda bilgi saklama, verilen eğitim özelliğini kullanarak eğitim örnekleri ile yapılır. Sinirsel hesaplama, algoritmik programlamaya bir seçenek oluşturan, temel olarak yeni ve farklı bir bilgi işleme olayıdır. Uygulama imkanının olduğu her yerde, tamamen yeni bilgi işleme yetenekleri geliştirebilir. Bu sayede de geliştirme harcamaları ile geliştirme süresi büyük ölçüde azalır. Bir yapay sinir ağı girdi setindeki değişiklikleri değerlendirerek öğrenir ve buna bir çıktı üretir. Öğrenme işlemi benzer girdi setleri için aynı çıktıyı üretecek bir öğrenme algoritması ile gerçekleşir. Öğrenme setindeki girdilerin istatistiksel özelliklerinin çıkarılarak benzer girdilerin gruplandırılmasını sağlayan bir işlemdir. Sinir yapılarına benzetilerek bulunan ağların eğitimi de, normal bir canlılığın eğitimine benzemektedir. Sınıfların birbirinden ayrılması işlemi (dolayısıyla kendini geliştirmesi), öğrenme algoritması tarafından örnek kümeden alınan bilginin adım adım işlenmesi ile gerçekleşir. YSA kullanılarak makinelerle öğrenme

genelleme yapma, sınıflandırma, tahmin yapma ve algılama gibi yetenekler kazandırılmıştır (Haykin 1994).

3.2.1.3 Yapay Sinir Ağının Eğitimi ve Testi

Geleneksel bilgisayar uygulamalarının geliştirilmesinde karşılaşılan durum, bilgisayarın belli bilgisayar dilleri aracılığıyla ve kesin yazım algoritmalarına uygun ifadelerle programlanmasıdır. Bu oldukça zaman alan, uyumluluk konusunda zayıf, teknik personel gerektiren, çoğu zaman pahalı olan bir süreçtir. Oysa biyolojik temele dayalı yapay zeka teknolojilerinden biri olan yapay sinir ağlarının geliştirilmesinde programlama, yerini büyük ölçüde "eğitime" bırakmaktadır. Proses elemanlarının bağlantı ağırlık değerlerinin belirlenmesi işlemine "ağın eğitilmesi" denir. Yapay sinir ağının eğitilmesinde kullanılan girdi ve çıktı dizileri çiftinden oluşan verilerin tümüne "eğitim seti" adı verilir. Yapay sinir ağı öğrenme sürecinde, gerçek hayattaki problem alanına ilişkin veri ve sonuçlardan, bir başka deyişle örneklerden yararlanır. Gerçek hayattaki problem alanına ilişkin değişkenler yapay sinir ağının girdi dizisini, bu değişkenlerle elde edilmiş gerçek hayata ilişkin sonuçlar ise yapay sinir ağının ulaşması gereken hedef çıktıların dizisini oluşturur. Öğrenme süresinde, seçilen öğrenme yaklaşımına göre ağırlıklar değiştirilir. Ağırlık değişimi, öğrenmeyi ifade eder. Yapay Sinir Ağında ağırlık değişimi yoksa, öğrenme işlemi de durmuştur. Başlangıçta bu ağırlık değerleri rasgele atanır. Yapay Sinir Ağları kendilerine örnekler gösterildikçe, bu ağırlık değerlerini değiştirirler. Amaç, ağa gösterilen örnekler için doğru çıktıları üretecek ağırlık değerlerini bulmaktır. Ağın doğru ağırlık değerlerine ulaşması örneklerin temsil ettiği olay hakkında, genellemeler yapabilme yeteneğine kavuşması demektir. Bu genelleştirme özelliğine kavuşması işlemine, "ağın öğrenmesi" denir. Yapay sinir ağının öğrenme sürecinde temel olarak üç adım bulunmaktadır.

- Çıktıları hesaplamak,
- Çıktıları hedef çıktılarla karşılaştırmak ve hatayı hesaplamak,
- Ağırlıkları değiştirerek süreci tekrarlamak.

Eğitim süreci sonucunda yapay sinir ağında hesaplanan hatanın kabul edilebilir bir hata oranına inmesi beklenir. Ancak hata kareleri ortalamasının düşmesi her zaman için yapay sinir ağının genellemeye (generalization)

ulaştığını göstermez. Yapay sinir ağının gerçek amacı girdi-çıkı örnekleri için genellemeye ulaşmaktır. Genelleme, yapay sinir ağının eğitimde kullanılmamış ancak aynı evrenden gelen girdi-çıkı örneklerini ağın doğru bir şekilde sınıflandırabilme yeteneğidir. İstatistiksel açıdan genelleme bir uygun eğrinin bulunması (curve-fitting) veya doğrusal olmayan ara değer atama işi (interpolation) olarak görülebilir.

Ağ gereğinden fazla girdi-çıkı ilişkisini öğrendiğinde, ağ verileri "ezberlemektedir" (memorization). Bu durum genellikle gereğinden fazla gizli katman kullanıldığında verilerin synaptic bağlantılar üzerinde saklanmasından veya gereğinden fazla veri kullanılarak eğitilmesinden (overtraining) kaynaklanmaktadır. Ezberleme, genellemenin iyi gerçekleşmediğini ve girdi-çıkı eğrisinin düzgün olmadığını gösterir. Verilerin ezberlenmiş olması yapay sinir ağı için istenmeyen bir durum olup, verileri ezberleyen ağa ait eğitim hatası oldukça düşme, test verilerinde ise hata artma eğilimi gösterir. Bundan dolayı birçok yapay sinir ağı yazılımı ağın eğitim ve test verilerine ait hataları grafik olarak göstermektedir. Verileri ezberleyen ağ gerçek hayattaki örüntüyü iyi temsil edemeyeceği için kullanılamaz (Krose ve Smagt 1996).

3.2.1.4 Eğitim Hatası Doğrulama (Test) Hatası

Yapay Sinir Ağı sistemlerinin problemi öğrenme başarısı, gerçekleştirilen doğrulamalarla (test) sınanmalıdır. Yapay sinir ağı geliştirme sürecinde veriler ikiye ayrılır; bir bölümü ağın eğitilmesi için kullanılır ve eğitim seti adını alır, diğer bölümü ise ağın eğitim verileri dışındaki performansını ölçmede kullanılır ve "doğrulama (test) seti" olarak adlandırılır. Eğitim ve doğrulama (test) setleriyle ilgili temel sorun, yeterli eğitim ve doğrulama (test) verisinin miktarının ne olduğudur. Sınırsız sayıda verinin bulunabildiği durumlarda, yapay sinir ağı mümkün olan en çok veriyle eğitilmelidir. Eğitim verisinin yeterli olup olmadığı konusunda emin olmanın yolu; eğitim verisinin miktarının artırılmasının, ağın performansında bir değişiklik yaratmadığını takip etmektir. Ancak bunun mümkün olmadığı durumlarda yapay sinir ağının eğitim ve doğrulama (test) verileri üzerindeki performansının yakın olması da verilerin sayıca yeterli

olduğuna ilişkin bir gösterge olarak kabul edilebilir. Bununla birlikte eğitim setinin içermesi gereken veri miktarı değişik yapay sinir ağı modellerine göre ve özellikle problemin gösterdiği karmaşıklığa göre farklılık gösterebilmektedir.

Doğrulama (test) işleminin için, eğitim setinde kullanılmayan verilerden oluşan doğrulama (test) seti kullanılır. Doğrulama (test) setindeki girdiler Yapay Sinir Ağı modeline verilir ve Yapay Sinir Ağının çıktı değeri ile istenilen çıktı değeri karşılaştırılır. Amaç, Yapay Sinir Ağı modelinin yeterli bir genelleme yapım yapamadığını görmektir (Haykin 1994).

3.2.1.5 Yapay Sinir Ağının Yapısı

Sinir hücreleri bir grup halinde işlev gördüklerinde ağ (network) olarak adlandırılırlar ve böyle bir grupta binlerce nöron bulunur. Yapay nöronların birbirleriyle bağlantılar aracılığıyla bir araya gelmeleri yapay sinir ağını oluşturmaktadır. Yapay sinir ağıyla aslında biyolojik sinir ağının bir modeli oluşturulmak istenmektedir. Nöronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmeleriyle katmanlar oluşmaktadır. Katmanların değişik şekilde birbirleriyle bağlanmaları değişik ağ mimarilerini doğurur. Yapay Sinir Ağları üç katmadan oluşur. Bu katmanlar sırasıyla;

- Girdi katmanı
- Ara Katman
- Çıktı Katmanıdır.

Girdi Katmanı: Bu katmandaki proses elemanları dış dünyadan bilgileri alarak ara katmanlara transfer ederler. Bazı ağlarda girdi katmanında herhangi bir bilgi işleme olmaz.

Ara Katman (Gizli Katman): Girdi katmanından gelen bilgiler işlenerek çıktı katmanına gönderilirler. Bu bilgilerin işlenmesi ara katmanlarda gerçekleştirilir. Bir ağ içinde birden fazla ara katman olabilir.

Çıktı Katmanı: Bu katmandaki proses elemanları ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağın girdi katmanından sunulan girdi seti için üretmesi gereken çıktıyı üretirler (Öztürk 2003, Aksoy ve Öztürk 2004, Safran ve Öztürk 2004).

Biyolojik sinir ağlarında olduğu gibi yapay sinir ağlarında da temel unsur, yapay sinir hücresidir. Yapay sinir hücresi, Yapay Sinir Ağının çalışmasına esas teşkil eden en küçük ve temel bilgi işleme birimidir. Ağ içinde yer alan tüm nöronlar bir veya birden fazla girdi alırlar ve tek bir çıktı verirler. Bu ıktı yapay sinir ağının dışına verilen çıktılar olabileceği gibi başka nöronlara girdi olarak da kullanılabilirler. Geliştirilen hücre modellerinde bazı farklılıklar olmakla birlikte genel özellikleri ile bir yapay hücre modeli 5 bileşenden oluşmaktadır.

Bunlar;

- Girdiler
- Ağırlıklar
- Birleştirme Fonksiyonu
- Aktivasyon Fonksiyonu
- ıktı

Girdiler: Girdiler, diğer hücrelerden ya da dış ortamlardan hücreye giren bilgilerdir.

Ağırlıklar: Bilgiler, bağlantılar üzerindeki ağırlıklar üzerinden hücreye girer ve ağırlıklar, ilgili girişin hücre üzerindeki etkisini belirler. Ağırlıklar bir nöronda girdi olarak kullanılacak değerlerin göreceli kuvvetini (matematiksel katsayısını) gösterir. Yapay sinir ağı içinde girdilerin nöronlar arasında iletimini sağlayan tüm bağlantıların farklı ağırlık değerleri bulunmaktadır.

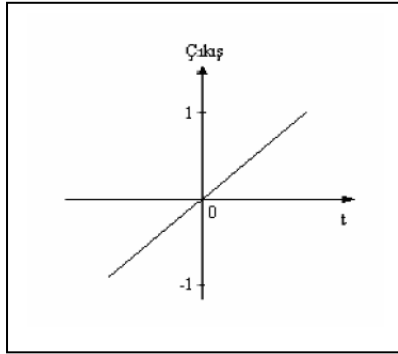
Böylelikle ağırlıklar her işlem elemanının her girdisi üzerinde etki yapmaktadır.

Birleştirme Fonksiyonu: Birleştirme fonksiyonu, bir hücreye gelen net girdiyi hesaplayan bir fonksiyondur ve genellikle net girdi, girişlerin ilgili ağırlıkla çarpımlarının toplamıdır. Birleştirme fonksiyonu, ağ yapısına göre maksimum alan, minimum alan ya da çarpım fonksiyonu olabilir.

Aktivasyon Fonksiyonu: Transfer fonksiyonu olarak da geçen aktivasyon fonksiyonu, birleştirme fonksiyonundan elde edilen net girdiyi bir işlemden geçirerek hücre çıktısını belirleyen ve genellikle doğrusal olmayan bir fonksiyondur. Hücre modellerinde, hücrenin gerçekleştireceği işleve göre çeşitli tipte aktivasyon fonksiyonları kullanılabilir. Aktivasyon fonksiyonları sabit parametrelili ya da uyarlanabilir parametrelili seçilebilir. En uygun aktivasyon fonksiyonu tasarımcının denemeleri sonucunda belli olur. Aktivasyon

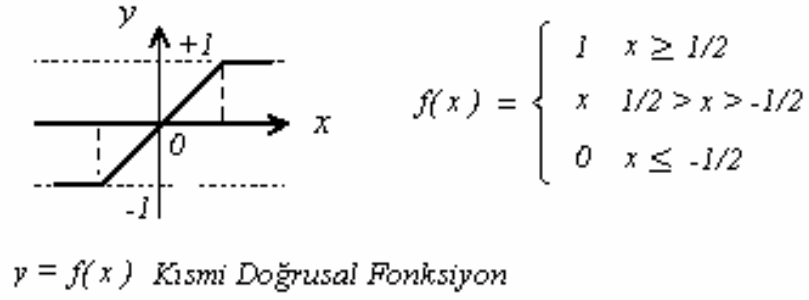
fonksiyonunun seçimi büyük ölçüde yapay sinir ağının verilerine ve ağın neyi öğrenmesinin istendiğine bağlıdır. Geçiş fonksiyonları içinde en çok kullanılanı sigmoid ve hiperbolik tanjant fonksiyonlarıdır. Örneğin eğer ağın bir modelin ortalama davranışını öğrenmesi isteniyorsa sigmoid fonksiyon, ortalamadan sapmanın öğrenilmesi isteniyorsa hiperbolik tanjant fonksiyon kullanılması önerilmektedir. Aktivasyon fonksiyonları bir Yapay Sinir Ağında nöronun çıkış genliğini, istenilen değerler arasında sınırlar. Bu değerler genellikle $[0,1]$ veya $[-1,1]$ arasındadır. Yapay Sinir Ağında kullanılacak aktivasyon fonksiyonlarının türevinin alınabilir olması ve süreklilik arz etmesi gereklidir. Lineer veya doğrusal olmayan transfer fonksiyonlarının kullanılması Yapay Sinir Ağların karmaşık ve çok farklı problemlere uygulanmasını sağlamıştır. Aşağıda, hücre modellerinde yaygın olarak kullanılan çeşitli aktivasyon fonksiyonları tanıtılmıştır (Krose ve Smagt 1996) .

Doğrusal Aktivasyon Fonksiyon: Doğrusal bir problemi çözmek amacıyla kullanılan doğrusal hücre ve Yapay Sinir Ağında ya da genellikle katmanlı Yapay Sinir Ağının çıkış katmanında kullanılan doğrusal fonksiyon, hücrenin net girdisini doğrudan hücre çıkışı olarak verir. Doğrusal aktivasyon fonksiyonu matematiksel olarak $y=Av$ şeklinde tanımlanabilir. "A" sabit bir katsayıdır. Yapay Sinir Ağların çıkış katmanında kullanılan doğrusal fonksiyon Şekil 3.11'de verilmiştir.



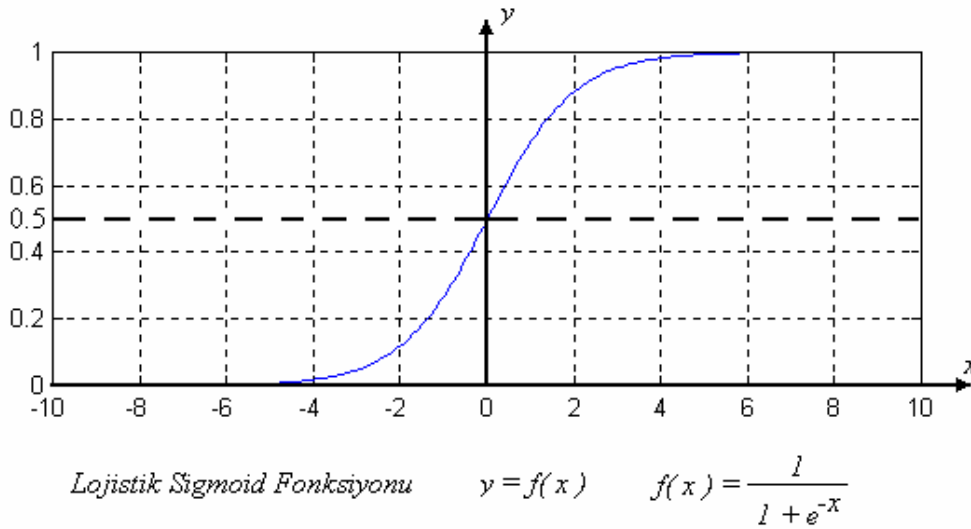
Şekil 3.11 Doğrusal fonksiyon

Kısmi Doğrusal Fonksiyon: Doğrusal olmayan bir genlik artımı sağlayan bu aktivasyon fonksiyonu Şekil 3.12'te gösterilmiştir. Eğer doğrusal bölgedeki genlik arttıran katsayı yeterince büyük alınırsa parçalı doğrusal fonksiyon eşik fonksiyonuna dönüşür.



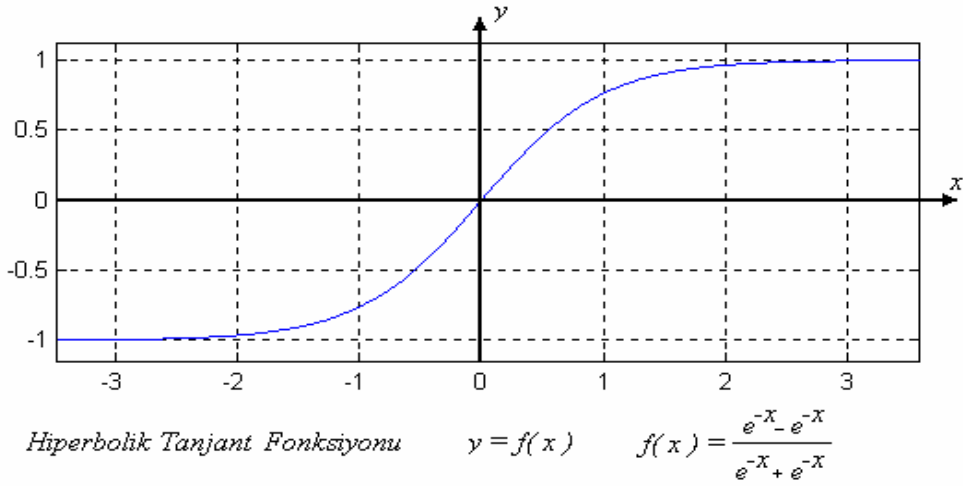
Şekil 3.12 Kısmi doğrusal fonksiyon

Sigmoid Fonksiyonu: Yapay sinir ağları oluşturulurken en çok kullanılan aktivasyon fonksiyonudur. Doğrusal ve doğrusal olmayan davranışlar arasında denge sağlayan sürekli artan bir fonksiyon olarak tanımlanır. Sigmoid fonksiyona bir örnek lojistik fonksiyondur ve Şekil 3.13'de gösterilmiştir.



Şekil 3.13 Lojistik sigmoid fonksiyonu

Hiperbolik tanjant fonksiyonu da sigmoid fonksiyon örneğidir ve Şekil 3.14'de görülebilir.

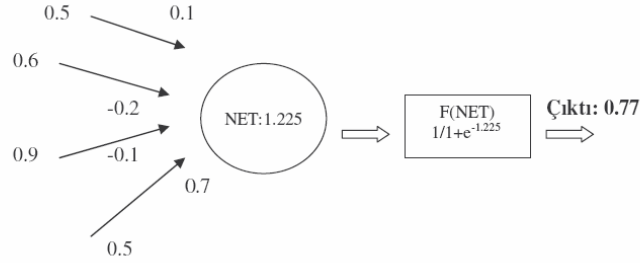


Şekil 3.14 Hiperbolik tanjant fonksiyonu

Çıktı: Aktivasyon fonksiyonundan geçirildikten sonra elde edilen değer, çıktı değeridir.

Örnek

Bir yapay sinir hücresinin çalışma örneği



Şekil 3.15 Yapay sinir ağının çalışması

3.2.1.6 Yapay Sinir Ağlarının Sınıflandırılması

YSA'lar, genel olarak birbirleri ile bağlantılı işlemci birimlerden (sinir hücresi) oluşurlar. Her bir sinir hücresi arasındaki bağlantıların yapısı ağıın yapısını belirler. İstenilen hedefe ulaşmak için bağlantıların nasıl değiştirileceği

öğrenme algoritması tarafından belirlenir. Kullanılan öğrenme algoritmasına göre, hatayı sıfıra indirecek şekilde, ağırlıklar değiştirilir.

YSA'lar yapılarına ve öğrenme algoritmalarına göre sınıflandırılırlar. Yapay sinir ağları, yapılarına göre, ileri beslemeli (feedforward) ve geri beslemeli (feedback) ağlar olmak üzere iki şekilde sınıflandırılırlar (Lippman 1988, Goh 1995, Curry ve Morgan 1997) .

İleri Beslemeli Ağlar: İleri beslemeli bir ağda işlemci elemanlar (İE) genellikle katmanlara ayrılmışlardır. İşaretler, giriş katmanından çıkış katmanına doğru tek yönlü bağlantılarla iletilir. İE'ler bir katmandan diğer bir katmana bağlantı kurarlarken, aynı katman içerisinde bağlantıları bulunmaz. 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. Bu yapısı ile ileri beslemeli ağlar, doğrusal olmayan statik bir işlevi gerçekleştirir.

Geri Beslemeli Ağlar: Bir geri beslemeli sinir ağı, çıkış ve ara katlardaki çıkışların, giriş birimlerine veya önceki ara katmanlara geri beslendiği bir ağ yapısıdır. Böylece, girişler hem ileri yönde hem de geri yönde aktarılmış olur. Bu çeşit sinir ağlarının dinamik hafızaları vardır ve bir andaki çıkış hem o andaki hem de önceki girişleri yansıtır. Bundan dolayı, özellikle önceden tahmin uygulamaları için uygundur (Haykin 1994).

YSA'ların Öğrenme Algoritmalarına Göre Sınıflandırılması

Genel olarak üç öğrenme metodundan ve bunların uygulandığı değişik öğrenme kurallarından söz edilebilir. Bu öğrenme kuralları aşağıda açıklanmaktadır (Freeman ve Skapura 1992, Haykin 1994):

Danışmanlı Öğrenme: Bu tip öğrenmede, YSA'ya örnek olarak bir doğru çıkış verilir. Bu öğrenmede ağırlıkların ürettiği çıktılar ile hedef çıktılar arasındaki fark hata olarak ele alınır ve bu hata minimize edilmeye çalışılır. Bunun için de bağlantıların ağırlıkları en uygun çıkışı verecek şekilde değiştirilir. Bu sebeple danışmanlı öğrenme algoritmasının bir "öğretmene" veya "danışmana" ihtiyacı vardır.

Danışmansız Öğrenme: Bu tür öğrenmede ağa sadece girdiler verilir. Ağın ulaşması gereken hedef çıktılar verilmez. Girişe verilen örnekten elde edilen çıkış bilgisine göre ağ sınıflandırma kurallarını kendi kendine geliştirir. Ağ daha sonra bağlantı ağırlıklarını aynı özellikleri gösteren desenler (patterns) oluşturmak üzere ayarlar.

Takviyeli Öğrenme: Takviyeli öğrenme algoritması, istenilen çıkışın bilinmesine gerek duymaz. Takviyeli öğrenme (reinforcement training) yöntemi öğreticili öğrenme yöntemine benzemekle birlikte, ağa hedef çıktılar yerine, ağın çıktılarının ne ölçüde doğru olduğunu belirten bir skor veya derece bildirilir (Haykin 1994).

3.2.2 Yapay Sinir Ağının Tasarımı

YSA uygulamasının başarısı, uygulanacak olan yaklaşımlar ve deneyimlerle yakından ilgilidir. Uygulamanın başarısında uygun metodolojiyi belirlemek büyük önem taşır. Yapay sinir ağının geliştirilmesi sürecinde ağın yapısına ve işleyişine ilişkin aşağıda belirtilen kararların verilmesi gerekir (Lippmann 1988).

- Ağ mimarisinin seçilmesi ve yapı özelliklerinin belirlenmesi (katman sayısı, katmandaki nöron sayısı gibi)
- Nörondaki fonksiyonların karakteristik özelliklerinin belirlenmesi,
- Öğrenme algoritmasının seçilmesi ve parametrelerinin belirlenmesi,
- Eğitim ve test verisinin oluşturulması

Bu kararların doğru verilememesi durumunda, YSA'ları sistem karmaşıklığı artacaktır. Sistem karmaşıklığı yapısal ve toplam hesaplama karmaşıklığının bir fonksiyonudur. Toplam hesaplama karmaşıklığı ise, genellikle yapısal karmaşıklığın bir fonksiyonu olarak ortaya çıkar ve bu hesaplamanın en aza indirilmesi amaçlanır. Bu hesaplama karmaşıklığının ölçülmesinde de genellikle YSA sisteminin toplam tepki süresi veya sisteme ait bir işlemci elemanın tepki süresi değeri temel alınır. Bunun yanında kapladığı hafıza ve zaman karmaşıklığı bazı uygulamalarda hesaplanmaktadır. Bir YSA'nın uygun parametrelerle tasarlanması durumunda YSA sürekli olarak kararlı ve istikrarlı sonuçlar üretecektir. Ayrıca sistemin tepki süresinin yeterince kısa olabilmesi

için de ağ büyüklüğünün yeterince küçük olması gerekir. İhtiyaç duyulan toplam hesaplama da bu sayede sağlanmış olacaktır.

3.2.2.1 YSA Ağ Yapısının Seçimi

YSA'nın tasarımı sürecinde ağ yapısının seçilmesi, uygulama problemine bağlı olarak seçilmelidir. Hangi problem için hangi ağın daha uygun olduğunun bilinmesi önemlidir. Uygun YSA yapısının seçimi, büyük ölçüde ağda kullanılması düşünülen öğrenme algoritmasına da bağlıdır. Ağda kullanılacak öğrenme algoritması seçildiğinde, bu algoritmanın gerektirdiği mimari de zorunlu olarak seçilmiş olacaktır. Örneğin geriyayılım algoritması ileri beslemeli ağ mimarisi gerektirir.

Bir YSA'nın karmaşıklığının azaltılmasında en etkin araç, YSA ağ yapısını değiştirmektir. Gereğinden fazla sayıda işlemci eleman içeren ağ yapılarında, daha düşük genelleme kabiliyeti ile karşılaşılır.

3.2.2.2 Öğrenme Algoritmasının Seçimi

YSA yapısının seçiminden sonra uygulama başarısını belirleyen en önemli faktör öğrenme algoritmasıdır. Genellikle ağ yapısı öğrenme algoritmasının seçiminde belirleyicidir. Bu nedenle seçilen ağ yapısı üzerinde kullanılacak öğrenme algoritmasının seçimi ağ yapısına bağlıdır. Yapay sinir ağının geliştirilmesinde kullanılacak çok sayıda öğrenme algoritması bulunmaktadır. Bunlar içinde bazı algoritmaların bazı tip uygulamalar için daha uygun olduğu bilinmektedir.

Geriyayılım Algoritması: Yapay sinir ağları belki de en çok tahmin amacıyla kullanılmaktadır. Tahmin için kullanılan yapay sinir ağları içinde de en yaygın olarak kullanılan geriyayılım algoritmasıdır. Geriyayılım algoritması ileri beslemeli ve çok katmanlı bir ağ mimarisini gerektirmektedir. Geriyayılım algoritması uygulamada en çok kullanılan öğretme algoritmasıdır. Hata, ağdaki ağırlıkların bir fonksiyonu olarak görülür ve hataların kareleri ortalaması delta

kuralında olduğu gibi dereceli azaltma (gradient descent) yöntemi kullanılarak, minimize edilmeye çalışılır. Bu algoritma, hataları çıkıştan girişe geriye doğru azaltmaya çalışmasından dolayı geriyayılım ismini almıştır. Geriyayılım algoritması, çok katmanlı ağları eğitmede en çok kullanılan temel bir öğrenme algoritmasıdır.

Eğitme işlemi ve eğitimden sonraki test işlemi bu akışa göre gerçekleştirilir. Geri yayılım algoritması, danışmanlı öğrenme yöntemini kullanılır. Örnekler ağı öğretilir ve ağı hedef değeri verilir. Her örnek için ağı çıktığı değeri ile hedef değeri karşılaştırılır. Hata değeri, ağı tekrar geri besleme şeklinde verilir. Örnek setindeki hata kareleri toplamını azaltmak için nöronlar arasındaki bağlantı ağırlıkları değiştirilir. Tipik çok katlı geri yayılım ağı, daima; bir giriş tabakası, bir çıkış tabakası ve en az bir gizli tabakaya sahiptir. Gizli tabakaların sayısında teorik olarak bir sınırlama yoktur. Fakat genel olarak bir veya iki tane bulunur. Burada, gizli katman sayısını tespit etmek zor bir işlemdir. Gizli katmanlar, lineer olmayan ya da değişkenler arasında etkileşim var ise kullanılır. Bu etkileşim ne kadar karmaşıkça, o kadar çok gizli katmana ihtiyaç duyulur. Eğer az sayıda gizli katman kullanılırsa ağı öğrenmeyi başarmaz. Gereğinden fazla sayıda gizli katman bulunması halinde ise, ağı ezberler. Bu da ağı, yeni örnekler için genelleme yeteneğini azaltır. Amaç, ağı genelleme yeteneğini optimum yapabilecek en az sayıda katmanı kullanmaktır. Ağı doğru zamanda durdurmak, ağı ezberlemesini önler. Gizli katman sayısını belirlemenin hızlı bir yolu yoktur. Geriyayılım algoritmasının bir dezavantajı, yakınsama hızının yavaş olması ve yerel en iyi çözümlerde durabilmedir.

Öğrenme algoritması olarak geriyayılım algoritması seçildiğinde iki parametre önem kazanmaktadır. Bunlar öğrenme katsayısı h , (learning rate) ve momentum terimidir m 'dir. Öğrenme katsayısı, ağırlıkların bir sonraki düzeltmede hangi oranda değiştirileceğini göstermektedir. Küçük öğrenme katsayıları, ağı sonuca ulaşmasını yavaşlatır. Büyük öğrenme katsayıları, ağı sonuca daha kısa sürede ulaşmasını sağlar. Bununla birlikte çok yüksek oranlar ağı hesaplamalarında büyük salınımlara neden olur ve ağı dip noktayı bulmasını engelleyebilir. Öğrenme katsayısı için tipik değerler 0,01 ile 0,9

arasında değişir. Karmaşık ve zor çalışmalar için küçük öğrenme katsayıları seçilmesi önerilir.

Momentum terimi, ağdaki salınımları engellemeye ve ağın hata yüzeyindeki bölgesel minimum noktalardan kaçarak, daha dip noktalara ulaşmasına yardımcı olur. Optimal ğrenme oranı ve momentum teriminin belirlenmesi büyük ölçüde deneysel ve sezgisel bir özellik taşır. Ayrıca bu parametreler büyük ölçüde ilgilenilen sorun alanına bağlı olarak değişiklik gösterir (Haykin 1994).

Delta-Bar-Delta: Delta-Bar-Delta (DBD) ok katmanlı algılayıcılarda bağlantı ağırlıklarının yakınsama hızını arttırmak için kullanılan bir sezgisel yaklaşımdır. Deneysel alışmalar, ağırlık uzayının her boyutunun tüm hata yüzeyi açısından tamamen farklı olabileceğini göstermiştir. Hata yüzeyindeki değişimleri açıklamak için, özellikle ağın her bağlantısı kendi öğrenme katsayısına sahip olmalıdır. Her bir bağlantıya bir öğrenme katsayısı atanırsa ve bu öğrenme katsayısı zamanla değişirse, yakınsama zamanı azaltılır ve daha çok serbestlik derecesi sağlanmış olur (Haykin 1994).

İleri beslemeli YSA yapıları çoğu zaman karmaşıktırlar. Ağdaki her bağlantı için en uygun öğrenme katsayıları kümesini belirlemek oldukça zaman alıcı olabilir. Eğimin geçmişteki değerlerini kullanarak, yerel hata yüzeyinin eğriliğini çıkarmak için sezgisellik uygulanabilir. Bir bağlantı için ağırlık değişimlerinin işareti, birkaç ardışık zaman adımları sırayla değiştiği zaman, bağlantı için öğrenme katsayısı azalmalıdır. Bağlantı ağırlık boyutu hata yüzeyi ile ilgili büyük bir eğriliğe sahiptir. Bağlantı ağırlık değişimleri bir kaç ardışık zaman adımları için aynı işarete sahip olduğundan bağlantı için öğrenme oranı arttırılmalıdır. Ağırlık boyutu hata yüzeyi ile ilgili kk bir eğriliğe sahiptir ve yüzey önemli bir mesafe için aynı doğrultudaki eğime göre devam eder (Haykin 1994).

3.2.2.3 Ara Katman Sayısını Belirleme

YSA'nın tasarımı sürecinde tasarımcının yapması gereken diğer işlem de, ağdaki katman sayısına karar vermektir. Çoğu problem için 2 veya 3 katmanlı bir ağ tatmin edici sonuçlar üretebilmektedir. Nöronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmeleriyle katmanlar oluşmaktadır. Katmanların değişik

şekilde bir birleriyle bağlanmaları değişik ağ yapılarını oluşturur. Girdi ve çıktı katmanlarının sayısı, problemin yapısına göre değişir. Katman sayısını belirlemenin en iyi yolu, denemeler yaparak en uygun yapının ve yapının ne olduğuna karar vermektir (Lippman 1988).

3.2.2.4 Nöron Sayısının Belirlenmesi

Ağın yapısal özelliklerinden birisi her bir katmandaki nöron sayısıdır. Katmandaki nöron sayısının tespitinde de genellikle deneme-yanılma yöntemi kullanılır. Bunun için izlenecek yol, başlangıçtaki nöron sayısını istenilen performansa ulaşıncaya kadar arttırmak veya tersi şekilde istenen performansın altına inmeden azaltmaktır. Bir katmanda kullanılacak nöron sayısı olabildiğince az olmalıdır. Nöron sayısının az olması yapay sinir ağının "genelleme" yeteneğini arttırırken, gereğinden fazla olması ağın verileri ezberlemesine neden olur. Ancak gereğinden az nöron kullanılması, verilerdeki örüntünün ağ tarafından öğrenilememesi gibi bir sorun yaratabilir. Nörondaki fonksiyonların da karakteristik özellikleri, YSA'nın tasarımında önemli kararlardan biridir. Nöronun geçiş fonksiyonunun seçimi büyük ölçüde yapay sinir ağının verilerine ve ağın neyi öğrenmesinin istendiğine bağlıdır. Geçiş fonksiyonları içinde en çok kullanılanı sigmoid ve hiperbolik tanjant fonksiyonlarıdır. Eğer ağın bir modelin ortalama davranışını öğrenmesi isteniyorsa sigmoid fonksiyon, eğer ortalamadan sapmanın öğrenilmesi isteniyorsa hiperbolik tanjant fonksiyon kullanılması önerilmektedir (Haykin 1994).

3.2.2.5 Normalizasyon

YSA'ların en belirgin özelliklerinden olan doğrusal olmama özelliğini anlamlı kılan yaklaşım, verilerin bir normalizasyona tabii tutulmasıdır. Verilen normalizasyonu için seçilen yöntem YSA performansını doğrudan etkileyecektir. Çünkü normalizasyon, giriş verilerinin transfer edilirken fonksiyonun aktif olan bölgesinden aktarılmasını sağlar. Veri normalizasyonu, işlemci elemanlarını verileri kümülatif toplamların oluşturacağı olumsuzlukların engellenmesini sağlar. Veri normalizasyonu, işlemci elemanlarını verileri kümülatif toplamlarla koruma eğilimleri nedeniyle zorunludur ve aşırı değerlendirilmiş kümülatif

toplamların oluşturacağı olumsuzlukların engellenmesini sağlar. Genellikle verilerin [0,1] veya [-1,+1] aralıklarından birine ölçeklendirilmesi önerilmektedir. Ölçekleme verilerin geçerli eksen sisteminde sıkıştırılması anlamı taşıdığından veri kalitesi aşırı salınımlar içeren problemlerin YSA modellerini olumsuz yönde etkileyebilir. Bu olumsuzluk, kullanılacak öğrenme fonksiyonunu da başarısız kılabılır. Bunun için, X veri kümesi [-1 +1] ya da [0 1] aralığına ölçeklendirilmelidir. Veri kümesinin [0 1] arasında bir ölçeklendirmeye tabi tutulabilmesi için o kümenin Xmin Xmax aralığı bulunur ve aşağıdaki formüle göre ölçeklendirme yapılabilir (Haykin 1994).

$$X_{\text{yeni}} = \frac{X - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

X_{yeni} = Normalize olmuş data
 X = Kümedeki herhangi bir değer
 x_{\min} = Küme içindeki en küçük değer
 x_{\max} = Küme içindeki en büyük değer

3.2.2.6 Performans Fonksiyonun Seçimi

Öğrenme performansını etkileyen önemli hususlardan biri de performans fonksiyonudur. İleri beslemeli ağlarda kullanılan tipik performans fonksiyonu karesel ortalama hatadır (Mean Square Error)

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - td_i)^2 \text{ ile hesaplanır.}$$

N = Çıktı adedi
 t_i = Gerçek gözlem değeri
 td_i = Ağ çıktısı değeri

İleri beslemeli ağlarda kullanılan tipik performans fonksiyonlarından bir diğeri de toplam karesel hatadır. (Sum Square Error)

$$SSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - td_i)^2 \text{ ile hesaplanır.}$$

N = Çıktı adedi
 t_i = Gerçek gözlem değeri
 td_i = Ağ çıktısı değeri

Bu ağlarda kullanılan diğeri bir performans fonksiyonu da karesel ortalama hata karekökü (Root Mean Square) fonksiyonudur.

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - td_i)^2}$$

N = Çıktı adedi
 t_i = Gerçek gözlem değeri
 td_i = Ağ çıktısı değeri

4.PLASTİK ENJEKSİYON PROSESİNDE OPTİMUM BAŞLANGIÇ PARAMETRELERİNİN YAPAY SİNİRAĞI MODELİ KULLANARAK TAHMİNİ

4.1. Yeni Ürün Devreye Alma Süreci

Otomotiv endüstrisinde yeni projelerin devreye girmesiyle beraber tüm tedarikçi firmalarda yeni parça onay prosesi başlangıç onayı verilir. Yeni ürün devreye alma sürecinin en önemli bölümü parça onay prosesidir. Özellikle kalıp bazlı imalat yapan firmalarda kalıpların ilk devreye alınması aşaması oldukça zahmetli ve risklidir. Genelde kalıp imalatçısında (toolmaker) ilk denemesi (first try) yapılmış ve uygun parça alınmıştır, ama seri üretim şartlarında uygun parça almak bazen oldukça güç ve uzun sürebilmektedir. Özellikle görünüm parçası (son kullanıcının gözle görebildiği) üreten firmalar için bu süreç daha da uzundur. Bu firmalardan beklenen parçanın fonksiyonelliğini yerine tam anlamıyla getirirken görünüm uygunluğunu da sağlamasıdır. Bazen bu iki özelliği aynı anda sağlamak oldukça güç olmaktadır.

Plastik parçaların devreye alınması aşaması 6- 45 saat arasında değişim göstermektedir. Devreye alma aşamasında müşteri firmanın kalite temsilcisi, kalıbın bağlanacağı enjeksiyon makinesinin operatörü (formen) ve kalıpcı bulunmalıdır. Devreye alma aşamasında karşılaşılan tüm problemleri çözme kabiliyetine sahip bir ekip kurmak, devreye alma sürecine başlamanın ilk aşamasıdır. Makine başlangıç parametreleri tamamen formenin tecrübeleri doğrultusunda set edilir. Başlangıç parametreleri set edildikten sonra uzun ve zahmetli süreç başlar. Üretilen tüm parçalar, ekip tarafından değerlendirilerek geriye dönük (feedback) makine parametreleri değiştirilir. Saatler süren çalışma sonucunda uygun parçaya ulaşırsa makine parametreleri seri üretimde kullanılmak üzere kayıtlandırılır.

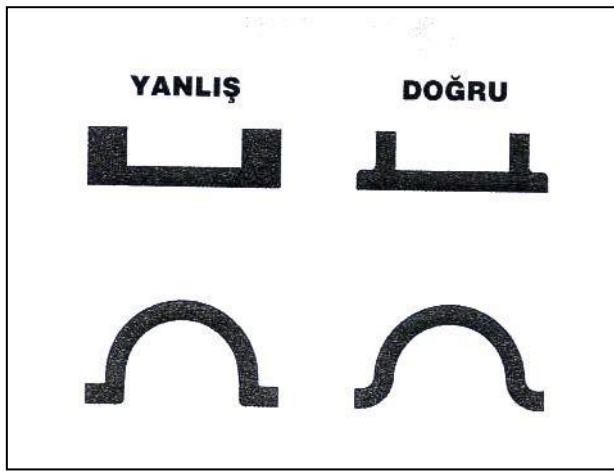
Plastik enjeksiyon firmasında devreye alma sürecinin performansı tamamen formen tarafından set edilen başlangıç parametrelerinin performansı ile doğru orantılıdır. Bu yüzden firmalarda, formenler içerisinde en tecrübelisi bu süreç için seçilir. Başlangıç parametrelerini optimum parametrelere yakın seçebilmek için gereken bilgi, formenin tecrübesi içine depolanmıştır.

4.2. Plastik Enjeksiyon Sürecinin Modellenmesi

4.2.1.Enjeksiyon Parametrelerini Etkileyen Faktörler

Parça gramajı: Gram cinsinden parça ağırlığıdır. Tek gözlü kalıplarda sadece o gözün ağırlığı alınır. Farklı göz sayıları için toplam gramaj baz alınır.

Parça et kalınlığı: mm cinsinden parça et kalınlığıdır. Değişken et kalınlığı olan parçalarda, et kalınlığı olarak parçanın genelinde kullanılan değer kabul edilir. Kalıp tasarım aşamasında da parça et kalınlığını olabildiğince sabit tutmak genel kuraldır.



Şekil 4.1 Et kalınlığı tasarımı

Çekme Oranı: Malzemeye ait bir özelliktir. Çekme oranı yüzde olarak belirlenir. Tüm hammaddelere ait sertifikalarda bu bilgiye ulaşmak mümkündür. Örneğin çekmesi % 0,4 olan bir malzemedan üretilen plastiğin 100 mm olması gereken ölçüsü kalıp üzerinde 100,4 olarak ölçülür. Uygun proses parametrelerinde bu parça % 0,4 oranında küçülür. Parametrelerdeki bir uygunsuzluk parçanın daha fazla veya daha az çekmesine neden olabilir. Bu da parçada ölçüsel uygunsuzluğa neden olur.

Yoğunluk: Malzemeye ait bir bilgidir, gr/cm³ cinsinden verilir.

Erime Sıcaklığı: Malzemeye ait bir bilgidir, °C cinsinden tanımlanır.

Yolluk çapı: Hammaddenin kalıp gözlerini doldurmaya başladıkları bölgelere yolluk denir. Tipik yolluk sisteminin çapları parçanın et kalınlığından büyük olmalıdır.

Parça Kompleksliği: Parça ile ilgili aşağıdaki detaylar, parça kompleksliği ile ilgili bilgi verir.

- Parça tasarımında enjeksiyon basıncını gereksiz artırıcı detaylar
- Keskin köşeler
- Çok ince kesitli detaylar
- Malzemenin akış uzunluğunu aşan akış mesafeleri
- Dar ve uzun akış mesafeli detaylar
- Kalın federler

Bu koşullardan herhangi birisini sağlayan kalıp için bu girdi '1' değerini alır, sağlamayan kalıplar '0' değerini alır

Kalıp soğutma Sistemi: Soğutma sistemleri öncelikli olarak ikiye ayrılır; termoregulator'lu kalıplar (sıcak su sistemli) ve soğuk su sistemli kalıplar.

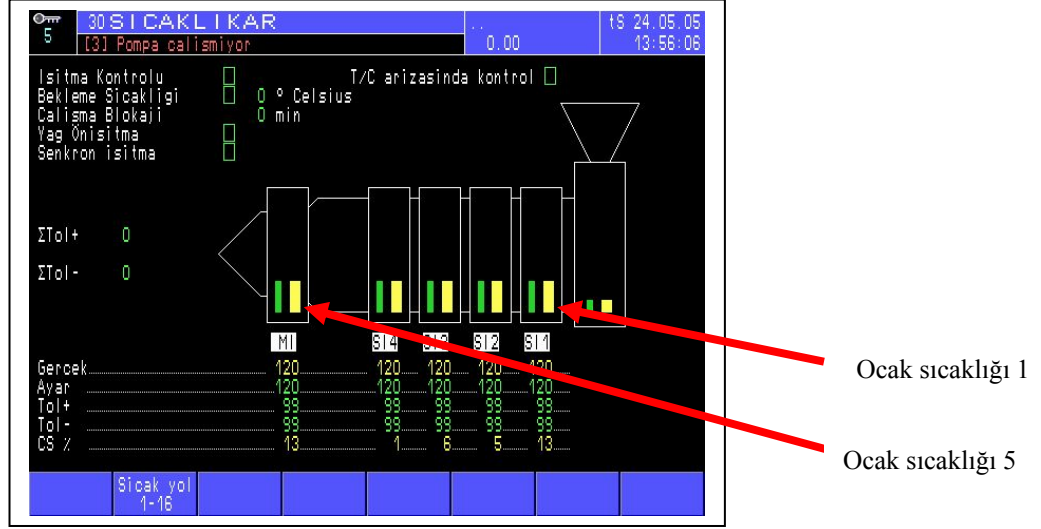
- Soğutması zor detaylar
- İnce ve derin girintiler
- Sık ve yüksek feder ağları
- Kalıpta yeterli soğutma kanalı uygulanmasını zorlaştıran detayların varlığı
- Yakın ve çok sayıda iç maça kullanımı
- Yakın ve çok sayıda değişken lokma kullanımı (değişken lokma olması o bölgeye soğutma kanalı açılmasını engeller)

Bu koşullardan herhangi birisini sağlayan kalıp için bu girdi '0' değerini alır, sağlamayan kalıplar '1' değerini alır.

4.2.2. Enjeksiyon Parametreleri

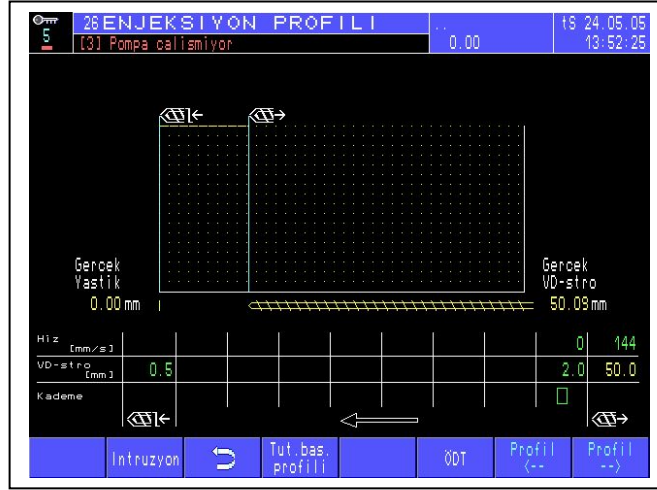
Formenlerin kalıptan çıkan parçaya bakarak, kontrol ünitesi üzerinden değişiklik yaptığı makine değerleridir. Parametreler Demag Plastics Group tarafından üretilen Demag 350/710 (PEM 40) Plastik enjeksiyon makinesi kontrol ünitesindeki formatlarıyla alınmıştır.

Ocak Sıcaklıkları : °C cinsinden girilir. Ocak üzerindeki sıcaklıkları daha iyi kontrol edebilmek için ocak bölgelere ayrılmıştır. PEM 40 Makinesi üzerindeki ocakta 5 rezistans bölgesi mevcuttur. şekil 4.2 kontrol ünitesi üzerindeki görünümü vermektedir.



Şekil 4.2 Ocak sıcaklık kontrol ünitesi görüntüsü

Basınçlar: Bar cinsinden ifade edilir. Enjeksiyon, Ütuleme, Tutma (sıkıştırma) basıncı olmak üzere 3 adet makineye set edilmesi gereken basınç değeri mevcuttur.



Şekil 4.3 Enjeksiyon hızları kontrol etkisi görüntüsü

Enjeksiyon Hızı: mm/ sn cinsinden ifade edilir. Enjeksiyon makinelerinde Kademeli hız (hız profili) girişi mevcuttur. Belirli mesafeler arasında belirli hızlarla çalışmayı sağlayan hız profili, farklı makine markalarında farklı sayıda olmaktadır. Pem 40 makinesinde 3 adet kademe mevcuttur. Aşağıdaki Çizelge 4.1'de konuyla ilgili örnek mevcuttur.

Örnek : Aşağıdaki örnekte farklı kademelerde farklı hız ile çalışma parametre ayarı gösterilmiştir.

Çizelge 4.1 Enjeksiyonda kademeli hız kavramı

Enjeksiyon (mm)	Yolu	115	90	60
Enjeksiyon (mm/sn)	Hızı	35	30	25

Pem-40 makinesi için maksimum mal (malzeme) alma mesafesi 300 mm'dir. Bu helezonun geriye gideceği son mesafedir. 0 mm noktası kalıba temas ettiği noktadır.

Çizelge 4.1'deki değerler 115 mm kadar ocağın içine mal (malzeme) alındığını ve bu noktadan itibaren 35 mm/sn hızla enjeksiyona başlandığını belirtir. Sonraki kademe olan 90 mm'ye gelince enjeksiyon hızı 30 mm/sn düşer ve sonraki kademe olan 60 mm'ye gelince hız 25mm/sn olur. Bu uygulamaya kademeli hız giriş denir.

Ütüleme Mesafesi ve Süresi: Enjeksiyon makineleri ütüleme mesafesine geldiğinde helezonun ilerleyişi durur. Bu noktada sadece ütüleme basıncı uygular. Eğer ütüleme noktası ve basıncı doğru tayin edilmiş ise helezon hiç kımıldamadan bu noktada ütüleme süresince basınçla bekler. Yanlış parametrelerde helezon ilerler ve parçayı doldurmaya devam eder ,

Mal Alma Mesafesi: mm cinsinden ifade edilir. Maksimum helezon boyu kadardır. Parça gramajıyla orantılı tayin edilen bir parametre değeridir.

Soğuma Zamanı: sn ile ifade edilir. Soğuma süresinin yüksek girilmesi kalite açısından olumlu etki yapmasına karşın maliyeti arttıran bir faktördür. Genelde ilk ürün devreye almada yüksek soğuma zamanlarıyla başlanır ve kademe kademe düşürülür.

4.3. Yapay Sinir Ağları Modelinin Tasarım Aşaması

Girdi Vektörü:

1. Parça gramajı (gr)
2. Parça et kalınlığı (mm)
3. Çekme Oranı (%)
4. Yoğunluk (gr/cm^3)
5. Erime Sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)
6. Yolluk çapı (mm)
7. Kalıp soğutma Sistemi (birimsiz)
8. Parça Kompleksliği (birimsiz)

Çıktı Vektörü:

1. Ocak sıcaklığı 1 ($^{\circ}\text{C}$)
2. Ocak sıcaklığı 2 ($^{\circ}\text{C}$)
3. Ocak sıcaklığı 3 ($^{\circ}\text{C}$)
4. Ocak sıcaklığı 4 ($^{\circ}\text{C}$)
5. Ocak sıcaklığı 5 ($^{\circ}\text{C}$)
6. Enjeksiyon Basıncı (Bar)
7. Ütüleme Basıncı (Bar)
8. Tutma Basıncı (Bar)
9. Enjeksiyon Kademe 1 (mm)
10. Enjeksiyon Kademe 2 (mm)
11. Enjeksiyon Kademe 3 (mm)
12. Enjeksiyon Kademe 1 Hız (mm/sn)
13. Enjeksiyon Kademe 2 Hız (mm/sn)
14. Enjeksiyon Kademe 3 Hız (mm/sn)
15. Ütüleme Mesafesi (mm)
16. Ütüleme Zamanı (sn)
17. Mal Alma mesafesi (mm)
18. Soğuma zamanı (sn)

Plaskar Plastik Enjeksiyon şirketinde kullanılmakta olan Demag 3500 kN enjeksiyon makinesi (Pem- 40) ile seri üretimde olan parçalardan 30 adet eğitim verisi oluşturulmuştur. Bu parçalar seri üretimde olup optimum proses parametrelerinde uzun süredir çalışmaktadır. Ek1'de proses parametrelerinin kayıt altına alındığı Operasyon kontrol planı görülmektedir. 30 adet eğitim verisi girdisi Çizelge 4.2'de görülmektedir. Ek2 de eğitim verisi girdi değerlerinin [0,1] aralığında normalize olmuş değerleri görülmektedir. Eğitim girdileri hedef değeri de Çizelge 4.3'de görülmektedir. Ek3 eğitim verisi girdi değerlerinin [0,1] aralığında normalize olmuş değerleri görülmektedir.

Bununla birlikte, eğitilen ağın gerçekten istenen düzeydeki güvenilirlikte sonuç üretebildiğinin test edilebilmesi için de 20 adet doğrulama verisi oluşturulmuştur. Doğrulama verilerinin her biri eğitim verilerinden farklıdır. 20 adet doğrulama verisi de Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5'de verilmektedir. Ek4 'de doğrulama verilerinin normalizasyondan sonraki değerleri görülmektedir.

Eğitim verileri ve doğrulama verileri aşağıdaki algoritma kullanılarak [0, 1] aralığında normalize edilmiştir. Yapay sinir ağları modeli uygulaması Matlap 6.5 programı ortamında yapılmıştır.

$$X_{\text{yeni}} = \frac{X - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$$

Çizelge 4.2 Eğitim verileri (girdi değerleri)

PARÇA NO	PARÇA GRAMAJI	PARÇA ET KALINLIĞI	ÇEKME ORANI	YOĞUNLUK	ERİME SICAKLIĞI	YOLLUK ÇAPI	KALIP SOĞUTMA	PARÇA KOMPLEKSİĞİ
1	180	2	0,5	1,05	220	5	0	1
2	40	3	1,5	0,91	200	6	1	0
3	250	2,5	0,7	1,28	180	6,25	1	1
4	300	3	0,9	0,956	180	7,5	1	1
5	60	2	1,5	0,91	200	4	0	0
6	150	2	0,6	0,916	180	5	0	1
7	180	2	1,5	1,14	240	5	0	1
8	180	2	1,5	1,4	250	5	0	1
9	110	2	1,7	1,3	250	5	1	1
10	120	2,5	1,5	0,91	200	5	0	0
11	230	2,5	2	1,53	250	6,25	0	1
12	45	3	1,5	0,91	200	6	1	0
13	310	3	1,6	1,2	280	7,5	0	1
14	290	3	1,5	1,44	280	7,5	0	1
15	300	3	0,9	1,24	330	7,5	1	1
16	150	2	0,6	1,18	220	5	0	1
17	255	3	1,5	0,91	200	6	1	0
18	110	2	1,7	1,41	180	5	0	1
19	310	3	1,6	0,91	200	7,5	0	1
20	230	2,5	2	1,06	270	6,25	0	1
21	180	2	1,5	1,27	270	5	0	1
22	180	2	1,5	1,9	310	5	0	1
23	250	2,5	0,7	1,05	190	6,25	1	1
24	110	2,5	1,5	0,91	200	5	0	0
25	250	2,5	0,7	1,2	200	6,25	1	1
26	300	3	0,9	1,43	180	7,5	1	1
27	300	3	0,9	1,08	220	7,5	0	1
28	90	2,5	1,5	0,91	200	5	0	0
29	190	3	1,5	0,91	200	6	1	0
30	350	3	1,5	0,91	200	5	1	0

Çizelge 4.3 Eğitim verileri (hedef değerleri)

PARÇA NO	OCAK SICAKLIĞI 1	OCAK SICAKLIĞI 2	OCAK SICAKLIĞI 3	OCAK SICAKLIĞI 4	OCAK SICAKLIĞI 5	ENJEKSİYON BASINCI	ÜTÜLEME BASINCI	TUTMA BASINCI	ENJEKSİYON KADEME 1	ENJEKSİYON KADEME 2	ENJEKSİYON KADEME 3	ENJEKSİYON HIZ 1	ENJEKSİYON HIZ 2	ENJEKSİYON HIZ 3	ÜTÜLEME MESAFE	ÜTÜLEME ZAMAN	MAL ALMA MESAFESİ	SOĞUMA ZAMANI
1	224	230	249	239	232	80	55	14	89	64	45	66	36	30	20	16	89	15
2	202	205	212	208	194	50	30	7	68	48	40	32	16	15	20	7	68	8
3	183	187	206	202	188	90	50	18	100	80	45	87	72	40	23	10	100	8
4	183	189	212	208	195	100	50	20	110	85	35	100	81	60	19	9	110	10
5	208	220	243	232	233	60	50	8	62	45	35	32	25	20	30	21	62	23
6	185	193	214	207	199	70	50	13	80	56	40	58	29	25	19	13	80	14
7	244	250	269	261	256	80	50	14	86	59	45	66	32	25	27	19	86	17
8	254	260	279	270	266	80	50	14	86	58	50	66	30	25	28	25	86	18
9	252	256	267	260	252	70	40	11	72	48	30	48	28	18	24	18	72	14
10	208	220	246	235	236	70	50	11	74	41	35	48	30	25	18	21	74	23
11	255	263	288	278	277	90	60	17	96	62	45	79	37	20	36	15	96	21
12	202	205	212	208	194	50	30	7	59	39	25	34	25	20	20	7	59	8
13	284	290	316	305	304	100	70	21	112	76	65	103	61	45	36	15	112	21
14	288	300	335	319	328	100	80	20	108	62	40	96	34	25	25	18	108	31
15	333	337	358	347	348	100	70	20	110	72	60	101	56	38	32	15	110	23
16	224	230	248	240	233	70	50	13	80	55	45	58	28	25	20	18	80	15
17	203	207	226	221	209	90	55	18	101	79	43	88	69	45	22	9	101	10
18	185	193	212	205	197	60	40	11	72	48	30	48	35	30	25	20	72	14
19	204	211	238	231	223	100	60	21	112	83	58	103	75	60	29	13	112	14
20	276	284	310	298	300	90	60	17	96	59	40	79	31	25	30	26	96	24
21	274	280	299	289	287	80	60	14	86	56	35	66	26	20	30	25	86	20
22	314	320	339	327	329	80	60	14	86	52	36	66	35	30	28	24	86	24
23	193	197	216	212	198	90	50	18	100	79	37	87	70	50	16	9	100	9
24	205	213	231	223	216	60	40	11	72	47	35	48	30	20	26	14	72	16
25	203	207	226	221	209	90	55	18	100	78	39	87	68	56	17	12	100	10
26	183	188	211	207	194	100	50	20	110	86	43	101	83	65	19	13	110	9
27	224	231	257	249	243	100	60	20	110	79	57	100	68	45	26	17	110	16
28	205	213	231	223	217	60	40	10	68	42	30	42	30	20	20	15	68	16
29	203	207	223	218	206	80	50	15	88	66	43	70	51	45	22	14	88	10
30	203	207	231	226	214	110	65	23	120	100	40	115	96	70	20	9	120	10

Çizelge 4.4 Doğrulama verileri girdi değerleri

PARÇA NO	PARÇA GRAMAJI	PARÇA ET KALINLIĞI	ÇEKME ORANI	YOĞUNLUK	ERİME SICAKLIĞI	YOLLUK ÇAPI	KALIP SOĞUTMA	PARÇA KOMPLEKSİĞİ
1	60	2	1,7	1,3	250	4	1	1
2	70	2,5	1,5	0,91	200	4	0	0
3	110	2,5	2	1,53	250	5	0	1
4	45	3	1,5	0,91	200	5	1	0
5	125	3	1,6	1,2	280	6	0	1
6	135	3	1,5	1,44	280	6	0	1
7	200	3	0,9	1,24	330	6	1	1
8	120	2	0,6	1,18	220	5	0	1
9	60	3	1,5	0,91	200	6	1	0
10	80	2	1,7	1,41	180	5	0	1
11	100	3	1,6	0,91	200	5	0	1
12	120	2,5	2	1,06	270	5	0	1
13	120	2,5	0,7	1,05	190	6,25	1	1
14	100	2,5	1,5	0,91	200	5	0	0
15	40	2,5	0,7	1,2	200	6,25	1	1
16	50	3	0,9	1,43	180	7,5	1	1
17	30	3	0,9	1,08	220	7,5	0	1
18	60	2,5	1,5	0,91	200	5	0	0
19	50	3	1,5	0,91	200	6	1	0
20	45	2	1,7	1,41	180	5	0	1

Çizelge 4.5 Doğrulama verileri hedef değerleri

PARÇA NO	OCAK SICAKLIĞI 1	OCAK SICAKLIĞI 2	OCAK SICAKLIĞI 3	OCAK SICAKLIĞI 4	OCAK SICAKLIĞI 5	ENJEKSİYON BASINCI	ÜTÜLEME BASINCI	BASINCI	ENJEKSİYON KADEME 1	ENJEKSİYON KADEME 2	ENJEKSİYON KADEME 3	ENJEKSİYON HIZ 1	ENJEKSİYON HIZ 2	ENJEKSİYON HIZ 3	ÜTÜLEME MESAFE	ÜTÜLEME ZAMAN	MAL ALMA MESAFESİ	SOĞUMA ZAMANI
1	252	256	264	258	249	70	40	8	62	40	30	33	28	18	23	18	62	14
2	208	220	244	232	233	70	50	9	64	40	35	33	30	25	18	21	64	23
3	255	263	282	272	271	90	60	11	72	50	45	43	30	20	34	15	72	21
4	202	205	212	208	194	50	30	7	59	41	25	34	25	20	19	7	59	8
5	284	290	306	296	295	100	70	11	75	42	35	48	30	25	25	15	75	21
6	288	300	327	311	320	100	80	12	77	50	40	50	30	25	25	18	77	31
7	333	337	353	342	343	100	70	15	90	55	40	71	45	38	31	15	90	23
8	224	230	246	239	232	70	50	11	74	49	45	49	30	25	20	18	74	15
9	203	207	216	212	199	90	55	8	62	40	30	50	31	15	22	9	62	10
10	185	193	211	204	196	60	40	9	66	42	30	39	35	30	25	20	66	14
11	204	211	227	220	212	100	60	10	70	56	39	40	30	25	25	13	70	14
12	276	284	305	292	295	90	60	11	74	40	30	46	30	25	20	26	74	24
13	193	197	209	205	192	90	50	11	74	53	37	48	31	15	16	9	74	9
14	205	213	230	222	216	60	40	10	70	45	35	45	30	20	26	14	70	16
15	203	207	215	211	198	90	55	7	58	36	25	30	28	18	17	12	58	10
16	183	188	199	194	181	100	50	8	60	40	28	30	20	1	19	13	60	9
17	224	231	244	236	230	100	60	7	56	35	30	30	25	20	26	17	56	16
18	205	213	230	222	216	60	40	8	62	36	30	33	30	20	20	15	62	16
19	203	207	216	211	199	80	50	8	60	38	25	28	25	19	15	14	60	10
20	185	193	209	202	194	60	40	7	59	35	30	40	35	30	25	20	59	14

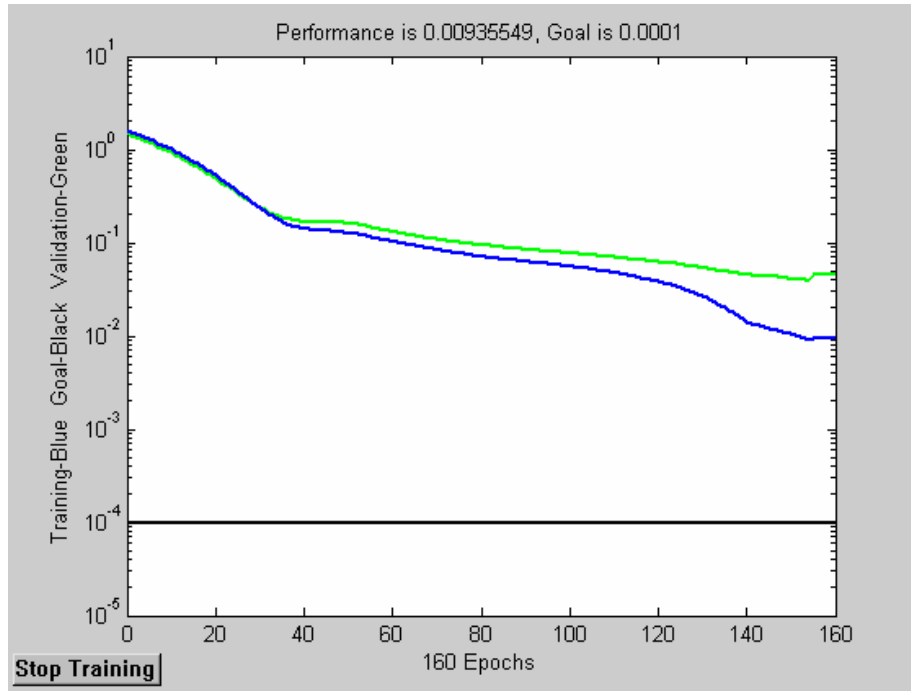
4.3.1 Early Stopping Kuralı ile Eğitim

Ağ eğitilirken öğrenme ile ezberleme arasındaki sınırın belirlenmesi gerekir. Sinirsel ağ, toplam karesel hata sifra çok yakın hata verecek şekilde eğitilebilir, fakat bununla birlikte eğitim kümesinde bulunmayan bir veri

girildiğinde çok yüksek tahmin hataları ortaya çıkabilir. Bu sebeple ağın eğitim kümesi verilerine verdiği cevapların yanında, doğrulama kümesi verileri için verilen cevaplar da değerlendirilmelidir.

Matlab 6.5 programındaki “Early Stopping” eğitim kuralı bunun için geliştirilmiştir. Kuralın işleyişi aşağıdaki gibidir:

Eğitim kümesi gradient hesaplamasında ve ağın ağırlıkları ile eşik değerlerinin güncellenmesinde kullanılır. Ağın eğitilmesi esnasında doğrulama kümesindeki hata da gözlemlenmektedir. Eğitimin ilk aşamalarında doğrulama kümesindeki hata da eğitim kümesindeki hata ile birlikte düşecektir. Fakat zamanla doğrulama kümesi için hata değeri artış gösterebilir. Belli bir iterasyon sayısında doğrulama hatası artmaya başladığında eğitim durdurulur.



Şekil 4.4 Eğitim ve doğrulama kümesinin hata değişim grafiği

Eğitim esnasında eğitim kümesi hatasının grafiğini çizdirmek de kullanışlı olacaktır. Eğer test kümesinin hatası minimum değere, doğrulama kümesinden çok farklı bir iterasyon değerinde ulaşırsa bu veri kümelerinin yanlış seçildiğini gösterir.

Yöntemin kullanılabilmesi için eğitim fonksiyonuna aynı zamanda doğrulama verileri de tanıtılacaktır. Doğrulama kümesindeki veriler, eğitim kümesindeki verilerin tanıtılmasına benzer şekilde matris biçiminde ağa tanıtılır.

Doğrulama kümesinin girdi katmanı değerleri $val.P=[\dots]$ şeklinde, çıktı katmanı değerleri ise $val.T=[\dots]$ şeklinde programa girilir. Bundan sonraki aşamalar daha önce anlatıldığı gibi devam eder; tek farkı ağı eğitme komutu verilirken:

```
[net,tr]=(net,p,t,[],[],val);
```

şeklinde doğrulama verilerinin de ağına tanıtılmasıdır. Ağı eğitme komutu verildiğinde iterasyonların ilerleyişi sırasında ve sonuçta, hem test verilerinin hem de doğrulama verilerinin hatasını birlikte gösteren bir grafik ekrana gelecektir. Örnek bir grafik Şekil 4.4'de görülmektedir.

4.3.2 Ağ Mimarisi

Matlab 6.5 programında sinirsel ağı eğitimi sağlayan pek çok komut bulunmaktadır. Bu çalışmada sinirsel ağı eğitimi için "traingdx" (momentumlu ve uyarlamalı öğrenme oranlı eğitme komutu) seçilmiştir. Bu komutun seçilmesindeki amaç, komutun kullanıcıya öğrenme parametresi ve momentum değerleri için istenilen değeri verme özgürlüğü tanınmasıdır.

Aşağıda Matlab 6.5 programında temel olarak bir ağı eğitmenin ve ilgili parametreleri girme adımları görülmektedir:

Ağ yapısının 4 adet girdi katmanı nöronuna, 1 adet çıktı katmanı nöronuna, 1 adet gizli katman ve 3 adet gizli katman nöronuna sahiptir. Girdi ve gizli katman transfer fonksiyonları tansig, çıktı katmanı transfer fonksiyonu logsig olarak seçilmiştir. Basit durumda 3 adet eğitim verisi kullanıldığı düşünülürse:

Adım 1: girdi vektörü p ile isimlendirilerek tanıtılır.

```
p=[6 4 7;4 3 8;4 2 9;4 5 10]
```

Adım 2: çıktı vektörü t ile isimlendirilerek tanıtılır.

```
t=[10 11 10]
```

Adım 3: yukarıda tanımlanan özelliklere sahip 3 katmanlı ağ yaratılır. (kullanılan komut geriye yayılma algoritması içindir)

```
net=newff(minmax(p),[4,3,1],{'tansig','tansig','logsig'},'traingdx');
```

Adım 4: eğitim için istenilen parametreler girilir.

```
net.trainParam.show=200 (sonuç tablosunu 200 iterasyonda bir gösterir)
```

```
net.trainParam.epochs=2000 (ağ maksimum 2000 iterasyon yapar)
```

```
net.trainParam.goal=0,001 (hata hedefi değeridir)
```

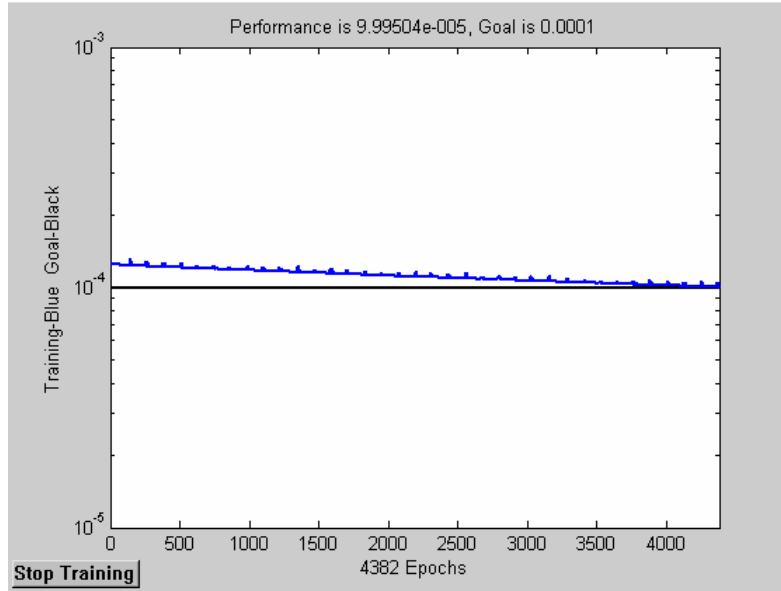

net.trainParam.lr=0,1 (öğrenme adımı değeridir)

net.trainParam.mc=0,3 (momentum değeridir)

Adım 5: ağ girilen parametrelere ve vektörlere göre eğitilir.

[net,tr]=train(net,p,t)

Bu eğitim sonucunda program kullanıcıya hata değerlerinin ilerleyişini gösteren bir grafik sunar. Buna göre her iterasyonda hata değerinin ne şekilde değiştiği, hedefe ulaşip ulaşmadığı gözlemlenebilir. Örnek bir grafik aşağıdaki Şekil 4.5 üzerinde görülmektedir.



Şekil 4.5 Train komutuyla eğitilen ağın hata performansı izleme grafiği

Eğer Early Stopping kuralıyla ağı eğitmek istersek aynı örnek için ve 2 adet doğrulama kümesi olduğu durumda;

Adım 1: girdi vektörü p ile isimlendirilerek tanıtılır.

p=[6 4 7;4 3 8;4 2 9;4 5 10]

val.P=[2 6 ; 4 3 ; 5 7 ; 8 9]

Adım 2: çıktı vektörü t ile isimlendirilerek tanıtılır.

t=[10 11 10]

val.T=[8 9]

Adım 3: yukarıda tanımlanan özelliklere sahip 3 katmanlı ağ yaratılır.

(kullanılan komut geriye yayılma algoritması içindir)

```
net=newff(minmax(p),[4,3,1],{'tansig','tansig','logsig'},'traingdx');
```

Adım 4: eğitim için istenilen parametreler girilir.

```
net.trainParam.show=200 (sonuç tablosunu 200 iterasyonda bir gösterir)
```

```
net.trainParam.epochs=2000 (ağ maksimum 2000 iterasyon yapar)
```

```
net.trainParam.goal=0,001 (hata hedefi değeridir)
```

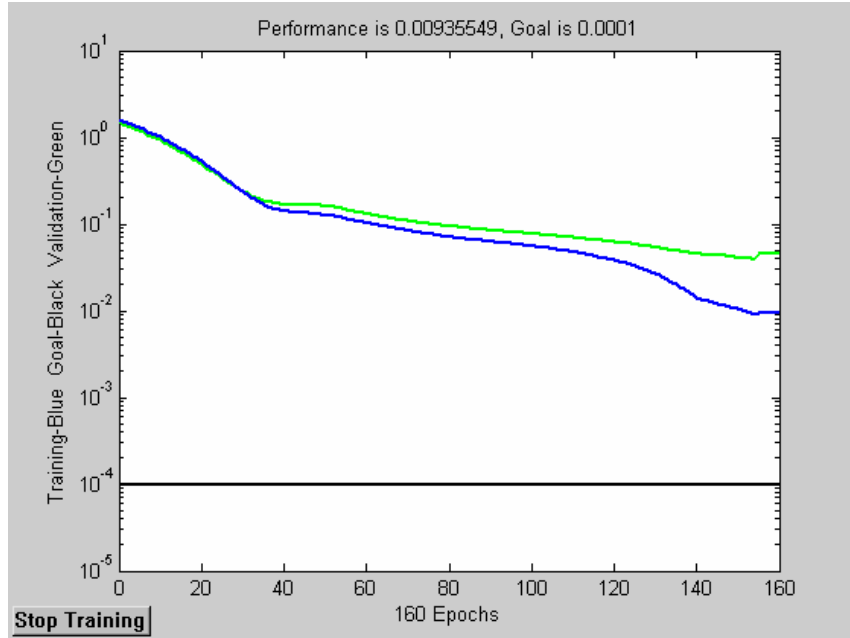
```
net.trainParam.lr=0,1 (öğrenme adımı değeridir)
```

```
net.trainParam.mc=0,3 (momentum değeridir)
```

Adım 5: ağ girilen parametrelere ve vektörlere göre eğitilir.

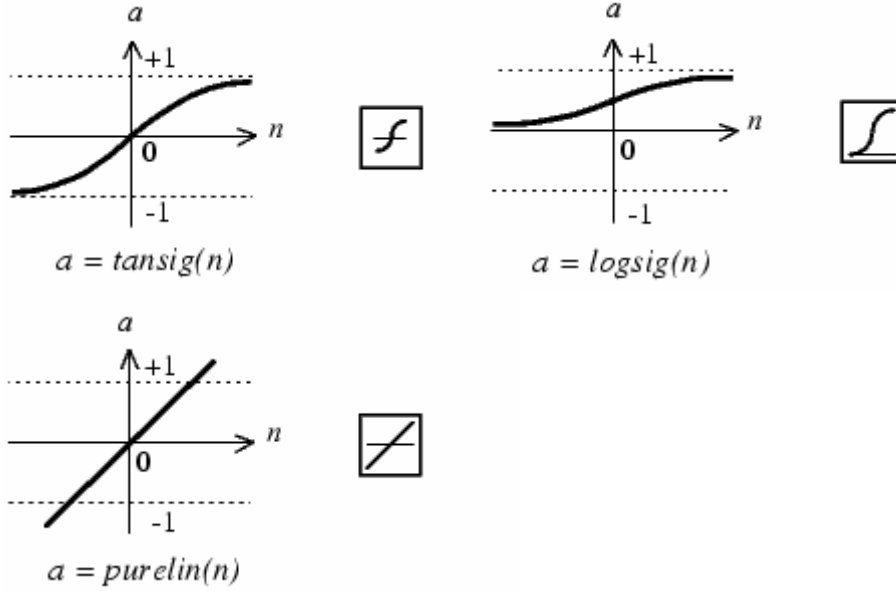
```
[net,tr]=train(net,p,t,[],[],val);
```

Bu eğitim sonucunda program kullanıcıya hata değerlerinin ilerleyişini gösteren bir grafik sunar. Buna göre her iterasyonda eğitim ve doğrulama kümeleri için hata değerinin ne şekilde değiştiği, hedefe ulaşıp ulaşımadığı gözlemlenebilir.(Şekil 4.6)



Şekil 4.6 Hata değerlerinin ilerleyişini gösteren grafik

Ağ mimarisinin oluşturulması: En çok kullanılan 3 transfer fonksiyonu ağ kombinasyonlarında kullanılmak için seçilmiştir. Şekil 4.7’de transfer fonksiyonları verilmiştir.



Şekil 4.7 Transfer fonksiyonları

Ağdaki gizli katman sayısı, gizli katmanlardaki nöron sayısı ve her katmandaki transfer fonksiyonu’nun seçimi için literatürde çeşitli hüristikler mevcuttur, fakat bu çalışmaların çok etkin olmadığı görülmüştür. Hala bu parametrelerin tayininde en etkin yol deneme yanılma yöntemidir.

Ağ yapısının seçiminde aşağıdaki matlab kodu kullanılmıştır. Gizli katman sayısı ve gizli katmandaki nöron sayısı ve her katmandaki transfer fonksiyonu değiştirilerek yapılan denemelerde en iyi hata değerlerini 1 gizli katmanlı oluşturulmuş ağlar vermiştir. Çizelge 4.6, Çizelge 4.7, Çizelge 4.8’de ağ performansları görünmektedir. Tüm iterasyonlar “Early Stopping (E.S.)” nedeniyle sona ermiştir.

```
net=newff(minmax(p),[8,1,18],{'tansig','logsig','purelin'},'traingdx');
net = init(net);
net.trainParam.epochs = 4000;
net.trainParam.show = 50;
net.trainParam.lr = 0.05;
```

```
[net,tr]=train(net,p,t,[],[],val);
```

Çizelge 4.6 Farklı nöron sayıları için ağ performansı

Girdi katmanı	Tansig		
Gizli katman	Puralin		
Çıkış Katmanı	logsig		
Gizli katman Nöron sayısı	İterasyon Sayısı	Performans puanı	İterasyon Duruş Nedeni
1	45	0,051	E.S.
2	56	0,071	E.S.
3	76	0,024	E.S.
4	34	0,072	E.S.
5	45	0,050	E.S.
6	78	0,059	E.S.
7	65	0,008	E.S.
8	66	0,045	E.S.
9	66	0,060	E.S.
10	58	0,008	E.S.
11	58	0,082	E.S.
12	68	0,080	E.S.
13	64	0,060	E.S.
14	63	0,037	E.S.
15	70	0,026	E.S.
16	61	0,016	E.S.
17	71	0,080	E.S.
18	62	0,038	E.S.
19	65	0,011	E.S.
20	70	0,073	E.S.

Çizelge 4.7 Farklı nöron sayıları için ağ performansı

Girdi katmanı	Tansig		
Gizli katman	logsig		
Çıkış Katmanı	purelin		
Gizli katman Nöron sayısı	İterasyon Sayısı	Performans puanı	İterasyon Duruş Nedeni
1	68	0,071	E.S.
2	60	0,076	E.S.
3	55	0,085	E.S.
4	181	0,0087	E.S.
5	122	0,04	E.S.
6	47	0,12	E.S.
7	43	0,16	E.S.
8	39	0,14	E.S.
9	150	0,0076	E.S.
10	172	0,0086	E.S.
11	145	0,01	E.S.
12	167	0,0081	E.S.
13	165	0,019	E.S.
14	150	0,011	E.S.
15	31	0,2378	E.S.
16	31	0,36	E.S.
17	148	0,0126	E.S.
18	147	0,014	E.S.
19	33	0,18431	E.S.
20	28	0,2239	E.S.

Çizelge 4.8 Farklı nöron sayıları için ağ performansı

Girdi katmanı	Tansig		
Gizli katman	Tansig		
Çıkış Katmanı	purelin		
Gizli katman Nöron sayısı	İterasyon Sayısı	Performans puanı	İterasyon Duruş Nedeni
1	67	0,07	E.S.
2	55	0,06	E.S.
3	103	0,044	E.S.
4	74	0,062	E.S.
5	112	0,029	E.S.
6	76	0,06	E.S.
7	149	0,017	E.S.
8	71	0,057	E.S.
9	148	0,01	E.S.
10	133	0,017	E.S.
11	131	0,0128	E.S.
12	71	0,073	E.S.
13	103	0,042	E.S.
14	135	0,0197	E.S.
15	146	0,0173	E.S.
16	138	0,0172	E.S.
17	118	0,022	E.S.
18	92	0,04	E.S.
19	88	0,034	E.S.
20	28	0,2239	E.S.

En düşük hata değerini Çizelge 4.7'deki 1 gizli katmanlı 9 nöron sayılı ağ yapısı vermiştir. Giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanında sırasıyla kullanılan transfer fonksiyonları tansig (sigmoid), logsig (Log-sigmoid) ve purelin (lineer transfer fonksiyonu)'dir. Ağ yapısını seçtikten sonra doğrulama kümesi

içinden seçilen 3 örnek için girdi değerleri çizelge 4.9' da görülmektedir. Girdi değerlerine karşılık ağ çıktısı A matrisi'dir

Çizelge 4.9 Girdi vektörü değerleri

Parça No	PARÇA GRAMAJI	PARÇA ET KALINLIĞI	ÇEKME ORANI	YOĞUNLUK	ERİME SICAKLIĞI	YOLLUK ÇAPI	KALIP SOĞUTMA	PARÇA KOMPLEKSİLİĞİ
1	60,00	2,00	1,7	1,30	250,00	4,00	1,00	1,00
2	70,00	2,50	1,5	0,91	200,00	4,00	0,00	0,00
3	110,00	2,50	2,00	1,53	250,00	5,00	0,00	1,00

$A = \text{sim}(\text{net}, \text{val.P})$;

A =

0.4348 0.2478 0.4706
0.4392 0.2775 0.5021
0.4072 0.3039 0.5167
0.4063 0.2839 0.5026
0.4096 0.3204 0.5394
0.2992 0.3008 0.6523
0.2597 0.3469 0.6258
0.1001 0.1516 0.2569
0.1001 0.1516 0.2569
0.0382 0.0537 0.2075
0.0348 0.1487 0.4409
0.1011 0.1104 0.2152
0.1870 0.1808 0.1927
0.3506 0.3484 0.3188
0.3705 0.1717 0.8974
0.5214 0.7616 0.3976
0.1001 0.1516 0.2569
0.3196 0.4866 0.6149

Normalizasyonun etkisinden kurtarmak için;

$X = X_{\text{çıktı}} * (X_{\text{max}} - X_{\text{min}}) + X_{\text{min}}$ eşitliği kullanılırsa Çizelge 4.10'daki sonuçlar ortaya çıkar.

Çizelge 4.10 Ağ çıktısı optimum değer (gerçek değer) karşılaştırılması

	Ağ çıktıları (ham)			Ağ çıktıları (işlenmiş)			Optimum değerler		
	Parça 1	Parça 2	Parça 3	Parça 1	Parça 2	Parça 3	Parça 1	Parça 2	Parça 3
Ocak Sıcaklığı 1	0,4348	0,2478	0,4706	247,89	219,84	253,26	252	208	255
Ocak Sıcaklığı 2	0,4392	0,2775	0,5021	252,55	228,29	261,98	256	220	263
Ocak Sıcaklığı 3	0,4072	0,3039	0,5167	263,58	247,07	281,09	264	244	282
Ocak Sıcaklığı 4	0,4063	0,2839	0,5026	256,16	237,44	270,90	258	232	272
Ocak Sıcaklığı 5	0,4096	0,3204	0,5394	249,27	234,40	270,90	249	233	271
Enjek. Basıncı	0,2992	0,3008	0,6523	67,95	68,05	89,14	70	70	90
Ütüleme Basıncı	0,2597	0,3469	0,6258	42,99	47,35	61,29	40	50	60
Sıkıştırma Basıncı	0,1001	0,1516	0,2569	8,10	8,93	10,61	8	9	11
Enjeksiyon K.1	0,1001	0,1516	0,2569	62,41	65,70	72,44	62	64	72
Enjeksiyon K. 2	0,0382	0,0537	0,2075	37,18	38,19	48,29	40	40	50
Enjeksiyon K.3	0,0348	0,1487	0,4409	26,39	30,95	42,64	30	35	45
Enjeksiyon Hız 1	0,1011	0,1104	0,2152	36,82	37,63	46,78	33	33	43
Enjeksiyon Hız 2	0,187	0,1808	0,1927	30,95	30,45	31,40	28	30	30
Enjeksiyon Hız 3	0,3506	0,3484	0,3188	25,19	25,04	23,00	18	25	20
Ütüleme Mesafe	0,3705	0,1717	0,8974	22,90	18,66	34,14	23	18	34
Ütüleme Zaman	0,5214	0,7616	0,3976	16,91	21,34	14,62	18	21	15
Malalma mesafesi	0,1001	0,1516	0,2569	62,41	65,70	72,44	62	64	72
Soğuma zamanı	0,3196	0,4866	0,6149	15,12	19,02	22,01	14	23	21

Doğrulama kümesi içinde seçilen 3 farklı parça için ağ çıktılarının optimum değerlere çok yakın çıktığı Çizelge 4.10'dan görülmektedir. Early Stopping eğitim yönteminin doğrulama kümelerini eğitim aşamasında kullanmasından dolayı bu sonuç normaldir. Eğer doğrulama kümelerinden bağımsız bir eğitim yöntemi kullanılsaydı, ağ çıktılarının hata değeri büyürdü.

Plaskar plastik bünyesinde yeni devreye alınan 130L Projesi (Toyota Corolla 2007) kapsamındaki Kapı konsolu parçası için plastik enjeksiyon prosesi başlangıç parametreleri yapay sinir ağı kullanılarak elde edilmiştir.



Şekil 4.8 130L kapı konsolu parçası

Aşağıda çizelge 4.11'de parça girdi değerleri görünmektedir.

Çizelge 4.11 Örnek girdi vektörü değerleri

PARÇA ADI	PARÇA GRAMAJI	PARÇA ET KALINLIĞI	ÇEKME ORANI	YOĞUNLUK	ERİME SICAKLIĞI	YOLLUK ÇAPI	KALIP SOĞUTMA	PARÇA KOMPLEKSLİĞİ
Kapı Konsolu	322	3,00	1,7	0,95	220,00	5,00	1,00	1,00

Yapay sinir ağının eğitiminde veya test değerlerinde bulunmayan yani ilk defa devreye alınan kapı konsolu parçası için yapay sinir ağı çıktıları (başlangıç parametreleri) elde edilmiştir (Çizelge 4.12). Proses parametreleri bu değerlere ayarlanmış ve üretim denemeleri başlatılmıştır.

Çizelge 4.12 Kapı konsolu parçası ağ çıktısı optimum değer (gerçek değer) karşılaştırılması

	Ağ çıktısı	Optimum Değerler
	Parça 1	Parça 1
Ocak Sıcaklığı 1	205,45	220
Ocak Sıcaklığı 2	208,18	230
Ocak Sıcaklığı 3	222,16	240
Ocak Sıcaklığı 4	236,45	240
Ocak Sıcaklığı 5	204,12	230
Enjek. Basıncı	65,65	75
Ütüleme Basıncı	41,99	30
Sıkıştırma Basıncı	8,10	5
Enjeksiyon K. 1	180,41	160
Enjeksiyon K. 2	128,18	110
Enjeksiyon K.3	102,39	95
Enjeksiyon Hız 1	66,88	50
Enjeksiyon Hız 2	78,95	60
Enjeksiyon Hız 3	70,19	40
Ütüleme Mesafe	60,90	64
Ütüleme Zaman	8	3
Malalma mesafesi	190,15	160
Soğuma zamanı	15,12	17

Daha ilk denemelerde uygun kaliteye yakın parçalar alınabilmiştir. Yaklaşık olarak 2 saat süresince yapılan üretim denemelerinde 120 adet ıskarta parça üretilerek optimum makine parametrelerine ulaşılmıştır. Çizelge 4.12 üzerinde optimum parametreler görülebilmektedir.

5.ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Rekabet ortamında çalışabilmek için firmaların özellikle yeni ürün transferlerinde hızlı bir şekilde müşterilerine tepki verebilmeleri gerekmektedir, özellikle JIT ortamında çalışan firmalar için müşteriye hızlı tepki vermenin önemi daha büyüktür. Plastik enjeksiyon sürecinde yeni ürün devreye alma zaman alan bir süreçtir. Bu süreci kısaltan firmalar bunu bir rekabet silahı olarak kullanabilirken, bu süreyi kısaltamayan firmalar müşteri kaybetme riskiyle karşılaşılırlar. Bu yüzden plastik enjeksiyon sürecinde yeni ürün devreye alma sürecinin süresi firmaları tanımlayan önemli bir karakteristiktir. Yapılan bu çalışmanın amacı dünya endüstrisinde önemli bir yere sahip olan plastik enjeksiyon prosesinde yeni ürün devreye alma süresini kısaltabilecek bir model oluşturmaktır. Model optimum enjeksiyon parametrelerini en kısa sürede elde edebilmeyi sağlayan başlangıç parametrelerini tespit etmek için tasarlanmıştır.

Uzun yıllar plastik sektörüne hizmet vermiş formenlerin bilgi ve tecrübeleri doğrultusunda, uygun ürünleri elde etmek için optimum enjeksiyon parametreleri belirlenmektedir. Formenlerin eksikliğinde yeni ürün devreye alma süreci çok uzun sürelerle uzayabilmekte bazen de ürün devreye alınamamaktadır. Bunun gibi zor durumları aşabilmenin birinci adımı olan, optimum parametrelere yakın parametrelerle denemelere başlamak çok önemlidir. Bu hem çalışmanın süresini kısaltacak hem de başarı oranının artmasını sağlayacaktır. Model için yapay sinir ağları aracı seçilmiştir. Yapay sinir ağlarının öğrenme kabiliyeti sayesinde formenlerin bilgi ve tecrübesi ağ içinde depolanması sağlanabilmektedir. Yapay sinir ağlarının gelişmiş genelleme yeteneği sayesinde benzer istatistik özellik gösteren girdiler için benzer çıktılar üreterek, formenlerden çok daha etkin bir şekilde başlangıç parametreleri oluşturabilmektedir. Model sadece en iyi başlangıç parametrelerini tahmin edeceği için, bu noktadan sonra yine formenlerin bilgi ve tecrübeleriyle optimum parametrelere ulaşmak gerekecektir.

Plaskar plastik bünyesinde yürütülen çalışmalarda Pem-40 üzerinde devreye alınan iki parçada ortalama 2 saat gibi bir zamanda optimum makine parametrelerine ulaşılmıştır. Geçmişte bu süre 10 saatin altına düşmemiştir. Bu model sayesinde yeni ürün devreye alma süreci % 80'lere varan zamanda

kısaltılmıştır. Yeni ürün devreye alma sürecinin süresini etkileyen en önemli faktör, başlangıç parametrelerinin optimum parametrelere benzerliğidir. Optimum parametrelere yakın başlangıç parametreleri süreyi kısaltırken, optimum parametrelere uzak başlangıç parametreleri yeni ürün devreye alma sürecini uzatmaktadır. Bu da hem makine hem de işgücü kaybı anlamına gelmektedir

Modelin girdileri arasındaki kalıpla ilgili parametreler geliştirilmeye açık olup, kalıp karakteristiğini daha sayısal olarak çözümleyebilen ileriki çalışmalarda mevcut sürenin daha da azalmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

AKSOY, A. ve N. ÖZTÜRK. 2004. Intelligent Supplier Selection System For JIT Manufacturers. International Logistics Congrees 2004, vol.I, İzmir. p. 307-316.

ANONİM. 1998. Modern Plastics Encyclopedia. Second edition.

ANONİM. 1997. Injection Moulding Pocketbook . First edition.

BENJAMIN, M.P. 1992. Artificial Neural Networks Concepts and Theory. Computer Society Press, Washington. 45 p.

BISHOP, C. 1995. Neural Networks for Pattern Recognition. AFCEA International Press, Oxford.

CURRY, B. ve P. MORGAN. 1997. Neural Networks: a Need for Caution. International Journal of Management Science: 123-133, vol. 25, no. 1.

EFE, Ö. ve KAYNAK, O. 2000. Yapay sinir ağları ve uygulamaları. Boğaziçi Üniversitesi, 141 s.

FREEMAN, J.A. ve D.M SKAPURA. 1992. Neural Networks: Algorithms, Applications and Programming Techniques. International Journal of Management Science: 16-56, vol. 45, no.21.

GOH, A.T.C. 1995. Back Propagation Neural Networks for Modeling Complex Systems. Artificial Intelligence in Engineering:143-151, vol. 9, no. 3.

HAGAN, M.T. , H.B. DEMUTH ve M. H. BEALE. 1996. Neural Network Design. Campus Publishing Service, Boulder.

HAYKIN, S. 1994. Neural Networks: A Comprehensive Foundation. Macmillan College. United States of America.

JAIN, A.K., J. MAO ve K. M. MOHIVDDIN. 1996. Artificial Neural Networks: A Tutorial. IEEE ASSP Magazine: 1-14, vol.4, no.2.

KODAZ, H., H. UĞUZ, R. SARAÇOĞLU ve O. İNAN. Geri Yayılma Alogaritmasındaki Öğrenme Katsayısının Performansa Etkisi. Selçuk Üniversitesi Dergisi: 1-5, vol.9, no.6.

KROSE, B. ve P. V. D. SMAGT. 1996. An introduction to Neural Networks. Artificial Intelligence in Engineering: 1-38, vol.46, no.3.

LAGAROS, N.D. ve M. PAPADRAKAKIS. 2003. Learning improvement of neural networks used in structural optimization. Advance in engineering software: 9-25, vol.35, no.2.

LİPPMANN, R.P. 1988. An introduction to computing with neural nets. Artificial neural networks: theoretical concepts, Edited by V. Vemuri, Computer society of the IEEE, Washington. p. 36-54.

MYINT, S. 2003. A framework of an intelligent quality function deployment (IQFD) for discrete assembly environment. Computers and Industrial Engineering: 269-283, vol.45, no.1.

Neural Network Toolbox for Use With Matlab, User's Guide (2003), The Math Works, Inc.

ÖZTÜRK, N. 2003. Sinirsel Ağlar ile Parça Ailelerinin Oluşturulması. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 8(1), Bursa. s. 93–99.

SAFRAN, D.P ve N. ÖZTÜRK. 2004. Neural Network Approach To Supply Chain Selection . International Logistics Congrees 2004, Vol.I, İzmir. p. 212-222.

SAĞIROĞLU, Ş., E. BEŞDOK ve M. ERLER. 2003. Mühendislikte yapay zeka uygulamaları–1: Yapay Sinir Ağları. Ufuk Kitap Kirtasiye, Kayseri. 426 s.

SAVAŞÇI, T. 2002. Plastikler ve Plastik Teknolojisi. Pagev Yayınları, İstanbul. 511 s.

SPOONER, J.T., M. MAGGIORE, R. ORDONEZ ve K. M. PASSINO. 2002. Stable Adaptive Control and Estimation for Nonlinear Systems. United States of America. 545 p.

TEBELSKIS, J. 1995. Speech Recognition using Neural Networks. Thesis (unpublished), School of Computer Science (Carnegie Mellon University), Pennsylvania. 190 p.

TURAÇLI, H. 2003. Enjeksiyoncunun El Kitabı. Pagev Yayınları, İstanbul. 180 s.

TURAÇLI, H. 2003. Enjeksiyon Hataları ve Çözümleri. Pagev Yayınları, İstanbul. 96 s.

TURAÇLI, H. 2003. Enjeksiyon Kalıpları İmalatı. Pagev Yayınları, İstanbul. 96 s.



<http://www.cmpe.boun.edu.tr/~akin/papers/EMO2.pdf>

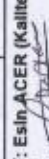
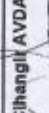



http://www.doc.ic.ac.uk/~nd/surprise_96/journal/vol4/cs11/report.html#Introduction%20to%20neural%20networks

<http://www.cs.stir.ac.uk/~lss/NNIntro/InvSlides.html>

<http://www.willamette.edu/~gorr/classes/cs449/intro.html>

EK 1 – OPERASYON KONTROL PLANI ÖRNEĞİ (MAKİNA AYAR KARTI)

KONTROL EDİLECEK ÖZELLİK		İSTENEN		ÖZELLİK TANIMI	KONTROL EKİPMANI	KONTROL SIKLIĞI	SOREMLİ	KAYIT YERİ	REAKSİYON PLANI
OPERASYON KONTROL PLANI									
PLAN NO:PL05-11-35-40 SAYFA NO:2/3		PARÇA NO: HMIC15ZZZZ0008		RENK : SIYAH					
PARÇA ADI : LB4 TAPA SOL (yuvartak)		HAMMADDE : PP 8081 N 205.09 (C2P)		BOYA : --					
MAKİNA NO : PEM- 40		RAL NO (Renk Kodu) : 205.09							
									
MAKİNA PARAMETRE KONTROLLARI									
ENJEKSİYON	BASINÇ	BAR	60 ± 20 Bar	ÖNEMLİ ÖZELLİK	PEM 40 BİLGİSAYAR EKİRANI	2 KEZİ VARDIYADA İLK ONAYDA 1 KEZ	KALİTE KONTROL	PROSES KONTROL KAYIT FORMU	(HATALI PARÇALAR AYRILARAK RED KASASINA KONULUR.)
	YOL	mm	65-52-35 ± 10 mm						
ÖTÖLEME	HIZ	mm/sn	35-25-20 ± 5	ÖNEMLİ ÖZELLİK	PEM 40 BİLGİSAYAR EKİRANI	2 KEZİ VARDIYADA İLK ONAYDA 1 KEZ	KALİTE KONTROL	PROSES KONTROL KAYIT FORMU	(HATALI PARÇALAR AYRILARAK RED KASASINA KONULUR.)
	YOL	mm	25 ± 10 mm						
MAL ALMA MESAFESİ	ZAMAN	sn	5 ± 3 sn	ÖNEMLİ ÖZELLİK	PEM 40 BİLGİSAYAR EKİRANI	2 KEZİ VARDIYADA İLK ONAYDA 1 KEZ	KALİTE KONTROL	PROSES KONTROL KAYIT FORMU	(HATALI PARÇALAR AYRILARAK RED KASASINA KONULUR.)
	BASINÇ	BAR	45 ± 10 Bar						
GERİ EMİŞ MESAFESİ	HIZ	mm/sn	-	ÖNEMLİ ÖZELLİK	PEM 40 BİLGİSAYAR EKİRANI	2 KEZİ VARDIYADA İLK ONAYDA 1 KEZ	KALİTE KONTROL	PROSES KONTROL KAYIT FORMU	(HATALI PARÇALAR AYRILARAK RED KASASINA KONULUR.)
	YOL	mm	65 mm ± 10 MM						
SİKİRTİMA BASINCI	BASINÇ	BAR	5 ± 3 mm	ÖNEMLİ ÖZELLİK	PEM 40 BİLGİSAYAR EKİRANI	2 KEZİ VARDIYADA İLK ONAYDA 1 KEZ	KALİTE KONTROL	PROSES KONTROL KAYIT FORMU	(HATALI PARÇALAR AYRILARAK RED KASASINA KONULUR.)
	SOGUMA ZAMANI	sn	10 ± 5 SN						
OCAK SICAKLIKLARI (C)	TERMO REGÜLATÖR	°C	-	ÖNEMLİ ÖZELLİK	PEM 40 BİLGİSAYAR EKİRANI	2 KEZİ VARDIYADA İLK ONAYDA 1 KEZ	KALİTE KONTROL	PROSES KONTROL KAYIT FORMU	(HATALI PARÇALAR AYRILARAK RED KASASINA KONULUR.)
	1	220 °C	Tolerans : 200 °C - 245 °C						
	2	230 °C	Tolerans : 205 °C - 255 °C						
	3	235 °C	Tolerans : 210 °C - 260 °C						
	4	235 °C	Tolerans : 210 °C - 260 °C						
	5	245 °C	Tolerans : 215 °C - 265 °C						
KALIP SICAKLIKLARI	1	-	-	ÖNEMLİ ÖZELLİK	PEM 40 BİLGİSAYAR EKİRANI	2 KEZİ VARDIYADA İLK ONAYDA 1 KEZ	KALİTE KONTROL	PROSES KONTROL KAYIT FORMU	(HATALI PARÇALAR AYRILARAK RED KASASINA KONULUR.)
	2	-	-						
	3	-	-						
	4	-	-						
Yayın Tarihi : 17.10.2005		HAZIRLAYAN : Cihangir AVDAN		Kalite Sorumlusu: ONAY: Esin ACER (Kalite ve Proje Yöneticisi)		IMZA: 		F05-11 R(00)	
Revizyon no:1		IMZA:		IMZA:		KONTROLLÜ KOPYA			

KONTROL EDİLECEK ÖZELLİK		İSTENEN		ÖZELLİK TANIMI	KONTROL EKİPMANI	KONTROL SIKLIĞI	SORUMLU	KAYIT YERİ	REAKSİYON PLANI
OPERASYON KONTROL PLANI									
PLAŞKAR		PUAN NO: PUG-1123-0		SAYFA NO: 2/3					
PARÇA ADI	:	CLIO HOPARLÖR KAPAK	PARÇA NO:	301122060018	RENK :	SİYAH			
HAMMADDE	:	HOSTACOM PPU 1752	BOYA :	M.BATCH 205-114					
MAKİNA NO	:	PEM- 40	RAL NO (Renk Kodu) :	NATUREL					
B		A							
MAKİNA PARAMETRE KONTROLLARI		ENJEKSİYON		YOL		HIZ		ZAMAN	
BASINÇ	BAR	150	± 20 Bar	115	90	60	± 10		
YOL	mm			45	35	25	± 5		
HIZ	mm/sn			15 ± 10 mm					
ZAMAN	sn	4 ± 3 sn							
BASINÇ	BAR	80	± 20 Bar						
HIZ	mm/sn	-							
MAL ALMA MESAFESİ	MM	115	± 20 mm						
GERİ EMİŞ MESAFESİ	MM	15	+ 5 mm						
SIKIŞTIRMA BASINCI	BAR	10	± 5 Bar						
SOĞUMA ZAMANI	SN	15 ± 5 SN							
TERMOREGLETÖR	°C	-							
OCAK SICAKLIKLARI (C)		1	210 °C	Tolerans : 200 °C - 250 °C					
		2	220 °C	Tolerans : 205 °C - 255 °C					
		3	220 °C	Tolerans : 205 °C - 255 °C					
		4	210 °C	Tolerans : 200 °C - 250 °C					
		5	230 °C	Tolerans : 195 °C - 265 °C					
KALIP SICAKLIĞI °C		1							
		2							
		3							
		4							
Yayın Tarihi 17/10/2005		HAZIRLAYAN : Cihangir AYDAN Kalite Sorumlusu		ONAY: Esin ACER (Kalite ve Proje Yöneticisi)		İMZA: 		F05-11 R(01)	
Revizyon no: 4		İMZA: 		İMZA: 		İMZA: 		İMZA: 	

HATA DURUMUNDA HATA BİLDİRİM FORMU İLE KALİTE OPERATÖRNE BİLDİRİM YAPILIR
(HATALI PARÇALAR AYRILARAK RED KASASINA KONULUR.)

PROSES KONTROL KAYIT FORMU

KALİTE KONTROL

1 KEZ/VARDIYADA (ÇALIŞMA BAŞLANGICINDA)

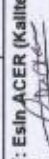
OPERATÖR

100%

KONTROLLU KOPYA


PEM 40 BİLGİSAYAR EKRAMI

ÖNEMLİ ÖZELLİK

İMZA: 

İMZA: 

İMZA: 

İMZA: 

EK 2 – EĞİTİM KÜMESİ GİRDİ VEKTÖRÜ

P =

0.47	0.03	0.69	0.84	0.09	0.38	0.47	0.47	0.25	0.28
0.63	0.05	0.88	0.81	0.84	0.38	0.70	0.25	0.88	0.63
0.47	0.47	0.69	0.25	0.69	0.84	0.84	0.19	0.50	1.00;
0.00	1.00	0.50	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50
0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.50
0.00	0.00	0.50	0.50	0.50	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00;
0.00	0.67	0.13	0.27	0.67	0.07	0.67	0.67	0.80	0.67
1.00	0.67	0.73	0.67	0.27	0.07	0.67	0.80	0.73	1.00
0.67	0.67	0.13	0.67	0.13	0.27	0.27	0.67	0.67	0.67;
0.14	0.00	0.37	0.05	0.00	0.01	0.23	0.49	0.39	0.00
0.63	0.00	0.29	0.54	0.33	0.27	0.00	0.51	0.00	0.15
0.36	1.00	0.14	0.00	0.29	0.53	0.17	0.00	0.00	0.00;
0.27	0.13	0.00	0.00	0.13	0.00	0.40	0.47	0.47	0.13
0.47	0.13	0.67	0.67	1.00	0.27	0.13	0.00	0.13	0.60
0.60	0.87	0.07	0.13	0.13	0.00	0.27	0.13	0.13	0.13;
0.29	0.57	0.64	1.00	0.00	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
0.64	0.57	1.00	1.00	1.00	0.29	0.57	0.29	1.00	0.64
0.29	0.29	0.64	0.29	0.64	1.00	1.00	0.29	0.57	0.29;
0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
0.00	0.00	1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	1.00	1.00;
1.00	0.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00
1.00	1.00	1.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00]

EK 3 – EĞİTİM KÜMESİ HEDEF VEKTÖRÜ

T =	[0.28	0.13	0.00	0.01	0.17	0.02	0.41	0.48	0.46	0.17
	0.48	0.13	0.68	0.70	1.00	0.28	0.13	0.02	0.15	0.62
	0.61	0.88	0.07	0.15	0.13	0.00	0.28	0.15	0.13	0.13;
	0.29	0.12	0.00	0.01	0.22	0.04	0.42	0.49	0.46	0.22
	0.51	0.12	0.69	0.76	1.00	0.29	0.13	0.04	0.16	0.65
	0.62	0.89	0.07	0.17	0.13	0.01	0.30	0.18	0.13	0.13;
	0.32	0.08	0.05	0.09	0.28	0.10	0.44	0.50	0.43	0.30
	0.56	0.09	0.73	0.85	1.00	0.31	0.17	0.09	0.25	0.70
	0.63	0.88	0.11	0.20	0.17	0.08	0.37	0.20	0.15	0.20;
	0.29	0.09	0.05	0.09	0.25	0.08	0.43	0.50	0.43	0.26
	0.55	0.09	0.73	0.82	1.00	0.30	0.18	0.07	0.24	0.68
	0.62	0.87	0.11	0.19	0.18	0.08	0.36	0.19	0.16	0.21;
	0.31	0.08	0.04	0.09	0.31	0.11	0.45	0.51	0.42	0.33
	0.57	0.08	0.74	0.88	1.00	0.31	0.17	0.10	0.25	0.72
	0.64	0.89	0.10	0.21	0.17	0.08	0.37	0.22	0.15	0.20;
	0.50	0.00	0.67	0.83	0.17	0.33	0.50	0.50	0.33	0.33
	0.67	0.00	0.83	0.83	0.83	0.33	0.67	0.17	0.83	0.67
	0.50	0.50	0.67	0.17	0.67	0.83	0.83	0.17	0.50	1.00;
	0.50	0.00	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.20	0.40
	0.60	0.00	0.80	1.00	0.80	0.40	0.49	0.20	0.60	0.60
	0.60	0.60	0.40	0.20	0.49	0.40	0.60	0.20	0.40	0.69;
	0.47	0.03	0.69	0.84	0.09	0.38	0.47	0.47	0.25	0.28
	0.63	0.05	0.88	0.81	0.84	0.38	0.70	0.25	0.88	0.63
	0.47	0.47	0.69	0.25	0.69	0.84	0.84	0.19	0.50	1.00;
	0.47	0.19	0.69	0.84	0.09	0.38	0.47	0.47	0.25	0.28
	0.63	0.05	0.88	0.81	0.84	0.38	0.70	0.25	0.88	0.63
	0.47	0.47	0.69	0.25	0.69	0.84	0.84	0.19	0.50	1.00;
	0.40	0.20	0.69	0.77	0.16	0.32	0.37	0.36	0.21	0.10
	0.42	0.07	0.63	0.42	0.57	0.31	0.68	0.20	0.73	0.37

Hedef vektörü devamı

0.32	0.26	0.67	0.18	0.66	0.78	0.67	0.11	0.48	1.00;
0.49	0.38	0.50	0.25	0.25	0.38	0.50	0.63	0.13	0.25
0.50	0.00	1.00	0.38	0.88	0.50	0.46	0.13	0.83	0.38
0.25	0.28	0.29	0.25	0.34	0.44	0.80	0.13	0.46	0.37;
0.44	0.05	0.67	0.83	0.05	0.34	0.44	0.44	0.23	0.23
0.59	0.06	0.86	0.78	0.84	0.35	0.69	0.23	0.86	0.59
0.44	0.44	0.67	0.23	0.67	0.83	0.82	0.16	0.48	1.00;
0.25	0.00	0.69	0.81	0.11	0.17	0.20	0.18	0.15	0.18
0.26	0.11	0.56	0.23	0.50	0.16	0.66	0.24	0.73	0.18
0.13	0.24	0.67	0.18	0.64	0.83	0.65	0.18	0.43	1.00;
0.42	0.20	0.57	0.86	0.28	0.35	0.35	0.35	0.25	0.35
0.28	0.28	0.64	0.35	0.54	0.35	0.64	0.42	0.86	0.35
0.28	0.42	0.71	0.28	0.80	0.93	0.64	0.28	0.64	1.00;
0.21	0.23	0.38	0.21	0.70	0.20	0.54	0.59	0.43	0.14
1.00	0.23	0.98	0.47	0.82	0.23	0.31	0.46	0.66	0.70
0.68	0.61	0.03	0.49	0.07	0.18	0.51	0.23	0.31	0.24;
0.46	0.00	0.14	0.11	0.74	0.32	0.66	0.97	0.57	0.74
0.42	0.00	0.42	0.58	0.42	0.56	0.08	0.70	0.30	1.00
0.98	0.91	0.10	0.37	0.23	0.30	0.55	0.41	0.36	0.08;
0.47	0.19	0.69	0.84	0.09	0.38	0.47	0.47	0.25	0.28
0.63	0.05	0.88	0.81	0.84	0.38	0.70	0.25	0.88	0.63
0.47	0.47	0.69	0.25	0.69	0.84	0.84	0.19	0.50	1.00;
0.31	0.01	0.00	0.09	0.66	0.29	0.40	0.44	0.26	0.66
0.59	0.01	0.57	1.00	0.64	0.31	0.09	0.29	0.28	0.71
0.53	0.70	0.04	0.34	0.09	0.06	0.36	0.37	0.09	0.09]

EK 4 – DOĞRULAMA KÜMESİ GİRDİ/HEDEF VEKTÖRÜ

val.P=[0.09 0.13 0.25 0.05 0.30 0.33 0.53 0.28 0.09 0.16
0.22 0.28 0.28 0.22 0.03 0.06 0.00 0.09 0.06 0.05;
0.00 0.50 0.50 1.00 1.00 1.00 1.00 0.00 1.00 0.00
1.00 0.50 0.50 0.50 0.50 1.00 1.00 0.50 1.00 0.00;
0.80 0.67 1.00 0.67 0.73 0.67 0.27 0.07 0.67 0.80
0.73 1.00 0.13 0.67 0.13 0.27 0.27 0.67 0.67 0.80;
0.39 0.00 0.63 0.00 0.29 0.54 0.33 0.27 0.00 0.51
0.00 0.15 0.14 0.00 0.29 0.53 0.17 0.00 0.00 0.51;
0.47 0.13 0.47 0.13 0.67 0.67 1.00 0.27 0.13 0.00
0.13 0.60 0.07 0.13 0.13 0.00 0.27 0.13 0.13 0.00;
0.00 0.00 0.29 0.29 0.57 0.57 0.57 0.29 0.57 0.29
0.29 0.29 0.64 0.29 0.64 1.00 1.00 0.29 0.57 0.29;
1.00 0.00 0.00 1.00 0.00 0.00 1.00 0.00 1.00 0.00
0.00 0.00 1.00 0.00 1.00 1.00 0.00 0.00 1.00 0.00;
1.00 0.00 1.00 0.00 1.00 1.00 1.00 1.00 0.00 1.00
1.00 1.00 1.00 0.00 1.00 1.00 1.00 0.00 0.00 1.00]

val.T= [0.46 0.17 0.48 0.13 0.68 0.70 1.00 0.28 0.13 0.02
0.15 0.62 0.07 0.15 0.13 0.00 0.28 0.15 0.13 0.02;
0.46 0.22 0.51 0.12 0.69 0.76 1.00 0.29 0.13 0.04
0.16 0.65 0.07 0.17 0.13 0.01 0.30 0.18 0.13 0.04;
0.41 0.28 0.52 0.09 0.67 0.80 0.97 0.30 0.11 0.08
0.18 0.66 0.07 0.20 0.11 0.00 0.28 0.19 0.11 0.07;
0.42 0.25 0.51 0.09 0.67 0.77 0.97 0.29 0.11 0.06
0.17 0.64 0.07 0.18 0.11 0.00 0.27 0.18 0.11 0.05;
0.41 0.31 0.54 0.08 0.68 0.84 0.97 0.30 0.11 0.09
0.19 0.68 0.06 0.21 0.10 0.00 0.29 0.21 0.11 0.08;
0.33 0.33 0.67 0.00 0.83 0.83 0.83 0.33 0.67 0.17
0.83 0.67 0.67 0.17 0.67 0.83 0.83 0.17 0.50 0.17;
0.20 0.40 0.60 0.00 0.80 1.00 0.80 0.40 0.49 0.20
0.60 0.60 0.40 0.20 0.49 0.40 0.60 0.20 0.40 0.20;
0.09 0.13 0.25 0.05 0.30 0.33 0.53 0.28 0.09 0.16
0.22 0.28 0.28 0.22 0.03 0.06 0.00 0.09 0.06 0.05;
0.09 0.13 0.25 0.05 0.30 0.33 0.53 0.28 0.09 0.16
0.22 0.28 0.28 0.22 0.03 0.06 0.00 0.09 0.06 0.05;
0.09 0.08 0.23 0.10 0.11 0.23 0.31 0.22 0.09 0.11
0.32 0.08 0.28 0.15 0.02 0.08 0.01 0.02 0.06 0.00;
0.13 0.25 0.50 0.00 0.25 0.38 0.38 0.50 0.13 0.13
0.35 0.13 0.29 0.25 0.00 0.08 0.13 0.13 0.00 0.13;
0.06 0.06 0.18 0.06 0.22 0.25 0.49 0.25 0.25 0.12
0.14 0.21 0.23 0.19 0.02 0.02 0.02 0.06 0.00 0.14;
0.15 0.18 0.18 0.11 0.18 0.18 0.36 0.18 0.18 0.24

Doğrulama kümesi hedef vektörü devamı

0.18	0.18	0.18	0.18	0.15	0.05	0.11	0.18	0.11	0.24;
0.25	0.35	0.28	0.28	0.35	0.35	0.54	0.35	0.20	0.42
0.35	0.35	0.20	0.28	0.25	0.00	0.28	0.28	0.26	0.42;
0.35	0.14	0.88	0.16	0.47	0.47	0.75	0.23	0.31	0.46
0.47	0.23	0.03	0.49	0.07	0.18	0.51	0.23	0.00	0.46;
0.57	0.74	0.42	0.00	0.42	0.58	0.42	0.56	0.08	0.70
0.30	1.00	0.10	0.37	0.23	0.30	0.55	0.41	0.36	0.70;
0.09	0.13	0.25	0.05	0.30	0.33	0.53	0.28	0.09	0.16
0.22	0.28	0.28	0.22	0.03	0.06	0.00	0.09	0.06	0.05;
0.26	0.66	0.59	0.01	0.57	1.00	0.64	0.31	0.09	0.29
0.28	0.71	0.04	0.34	0.09	0.06	0.36	0.37	0.09	0.29]

TEŞEKKÜR

Proje çalıŐmalarım boyunca her tŸrlŸ yardım, destek ve anlayıŐını esirgemeyen Doç. Dr. Nursel ŐztŸrk'e, Faurecia Polifeks San. ve Tic. AŐ. alıŐanı Dilek Pınar Safran'a, Plaskar Plastik alıŐanları Aydın Sezgin, Adnan Sezgin, Esin Acer, Derya Onur, Aylin Arslan ve JŸlide Őnal'a, Bolt Bağlantı Elemanları alıŐanı Ahmet Arslan'a teŐekkŸr ederim.

ÖZGEÇMİŞ

Akın Keçe 13.08.1981'de Ankara / Beypazarı'nda doğdu. İlköğrenimini Gazipaşa İlkokulu'nda, ortaokul öğrenimini Beypazarı Anadolu Lisesi'nde, lise öğrenimini Beypazarı Lisesi'nde tamamladı. 1999 senesinde Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği bölümünde başladığı mühendislik eğitimini 2003 senesinde tamamladıktan sonra, aynı sene Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı.

01.2005 – 06. 2005 tarihleri arasında Yalın Danışmanlık şirketinde Uygulama Mühendisliği, 06.2005 – 12.2005 tarihleri arasında Plaskar Ltd. Şti.'de Proje Sorumluluğu görevini yürütmüştür. 12.2005 itibariyle hala Plaskar Ltd. Şti.'de Proje ve Kalite Yöneticisi olarak çalışmaktadır.