

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HVAC SİSTEMLERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI İLE
DENETLENMESİ**

Elektrik Mühendisi Burak ENDAR

**FBE Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Kontrol ve Otomasyon Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Galip CANSEVER

İSTANBUL, 2010

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
ÖNSÖZ	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. BİNA OTOMASYON SİSTEMLERİ	1
2.1 Bina Otomasyon Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi	1
2.2 Bina Otomasyon Sistemleri Amacı	2
2.3 Bina Otomasyon Sistemlerinin Sağladığı Avantajlar	3
3. HVAC SİSTEMİ.....	4
3.1 HVAC Sistemlerinin Çalışma Mantığı	5
4. HVAC SİSTEM KONTROLLERİ	7
4.1 Fan Kontrolü.....	7
4.1.1 Sabit Debi Kontrolü.....	7
4.1.2 Kanal Statik Kontrolü	7
4.1.3 Dönüş Fan Kontrolü	8
4.1.4 Fanın Kararsız Çalışması.....	9
4.2 Dış Ortam Hava Miktarı Kontrolü.....	10
4.2.1 Minimum Sabit Dış Hava Kontrolü	10
4.2.2 Ekonomizer Çevrimi Kontrolü	11
4.2.3 Entalpi Ekonomizer Kontrolü.....	11
4.2.4 Isınma-Son Hazırlık (Warm-up) Kontrolü	12
4.2.5 Gece Soğutması Kontrolü.....	12
4.3 Isıtma Serpantini Kontrolü	13
4.3.1 Ön Isıtıcı Serpantin Kontrolü	13
4.3.2 Son Isıtıcı ve Isıtıcı Son Kontrolü	14
4.4 Soğutma Serpantini Kontrolü	15
4.4.1 Nem Alma Kontrolü	15
4.4.2 Evaporatif Soğutma Kontrolü.....	16
4.5 Nem Kontrolü	17
4.5.1 Nem Alma Kontrolü	17
4.5.2 Nemlendirme Kontrolü.....	17
5. HVAC SİSTEMLERİ KONTROL YÖNTEMLERİ	18
5.1 İki Konumlu Kontrol	18
5.2 Adım Kontrol.....	18
5.3 Üç Konumlu Kontrol	18
5.4 Oransal (P) Kontrol	19
5.5 Oransal - Entegral (PI) Kontrol	19
5.6 Oransal – Entegral - Türev Kontrol	19
5.6 Uyarlamalı (Adaptive) Kontrol	20

5.7	Fuzzy Logic (Bulanık Mantık) Kontrol.....	20
5.8	Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks, ANN)	22
5.8.1	Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme.....	24
5.8.2	Yapay Sinir Ağlarında Sorgulama	27
5.8.3	Yapay Sinir Ağı Temel Modelleri	27
5.8.3.1	Hebb Net.....	27
5.8.3.2	Perceptron	28
5.8.3.3	Khonen'in Self Organizing Feature Map (SOM) Modeli.....	30
5.8.3.4	Backpropagation Net	31
5.8.3.5	Hopfield Yapay Sinir Ağı Modeli	33
6.	HVAC SİSTEMİNİN MODELİ	34
7.	SONUÇLAR.....	40
	KAYNAKLAR	41
	ÖZGEÇMİŞ.....	42

SİMGE LİSTESİ

A_R	Çatı alanı
A_{w1}	Doğu, Batı duvar alanı
A_{w2}	Kuzey ve Güney duvar alanı
C_{pa}	Havanın ısı özelliği (kJ/kg°C)
C_R	Çatının toplam ısı kapasitesi (kJ/°C)
C_{w1}	Doğu, Batı duvarın toplam ısı kapasitesi (kJ/°C)
C_{w2}	Kuzey, Güney duvarın toplam ısı kapasitesi (kJ/°C)
C_z	Bölgenin toplam ısı kapasitesi (kJ/°C)
f_{sa}	Hava kaynağının akış miktarı oranı (m ³ /s)
$P_{(t)}$	Sabit buharlaşma hızı (kg/h)
$q_{(t)}$	Aydınlatmalardan oluşan ısı kazancı (W)
T_o	Dış ortam hava sıcaklığı (°C)
T_r	Değişken hava sıcaklığı (°C)
T_{sa}	Kaynak hava sıcaklığı (°C)
T_{w1}	Doğu, Batı duvar sıcaklığı (°C)
T_{w2}	Kuzey, Güney duvar sıcaklığı (°C)
T_z	Oda sıcaklığı (°C)
U_{w1}	Doğu, Batı duvarın ısı transfer sabiti (W/m ² °C)
U_{w2}	Kuzey, Güney duvarın ısı transfer sabiti (W/m ² °C)
U_R	Çatı ısı transfer sabiti (W/m ² °C)
V_z	Odanın hacmi (m ³)
W_{sa}	Kaynak hava rutubet oranı (kg/kg)
W_z	Odanın rutubet oranı (kg/kg)
ρ_a	Hava yoğunluğu (kg/m ³)

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1 HVAC sistem yapısı	4
Şekil 4.1 Sabit debi kontrolü	7
Şekil 4.2 Kanal statik kontrolü	8
Şekil 4.3 Dönüş fan kontrolü	9
Şekil 4.4 Fanın kararsız çalışması	9
Şekil 4.5 Fan by-pass kontrolü ile besleme fanı kararsızlığının önlenmesi	10
Şekil 4.6 Dönüş fansız sistem yapısı	11
Şekil 4.7 Ekonomizer çevrim kontrolörü	11
Şekil 4.8 Isınma-son hazırlık (warm-up) kontrolü	12
Şekil 4.9 Gece soğutması kontrolü	13
Şekil 4.10 By-pass ve yüzey damperli ön ısıtma	14
Şekil 4.11 Isıtma kontrolü	15
Şekil 4.12 Soğutulmuş su kontrolü	16
Şekil 4.13 Soğutmalı ayarlı evaporatif kontrol	16
Şekil 4.14 Püskürtme serpantinli nem alıcı	17
Şekil 4.15 Hava yıkamalı evaporatif soğutma ve püskürtme serpantinli nem alıcılar için psikrometrik diyagram	18
Şekil 5.1 Bulanık mantık denetim sistemi genel yapısı	21
Şekil 5.2 Yapay sinir ağı modeli (a)	23
Şekil 5.3 Yapay sinir ağı modeli (b)	24
Şekil 5.4 Hebb Net modeli	27
Şekil 5.5 Perceptron modeli sınıflandırma karakteristiği	29
Şekil 5.6 Khonen SOM Modeli	30
Şekil 5.7 Hopfield modeli	34
Şekil 5.8 HVAC sistem cevabı	34

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 HVAC sistemlerinin çalışma karakteristikleri.....	6
---	---

ÖNSÖZ

Mühendislik yaşamımda iyi bir referans olup önemli bir adım olacağını düşündüğüm bu çalışma, mühendislik eğitimim ve deneyimlerim ışığı altında gerçekleşmiştir.

Çalışmalarım süresince, bilgi ve tecrübesi ile maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım sayın Prof. Dr. Galip Cansever' e ve bana tüm desteklerinden dolayı sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Günümüzde teknoloji alanındaki gelişmelerin etkisi ile teknoloji hayatın bir parçası haline gelmiş ve yaşamı kolaylaştırmaya başlamıştır. Son yıllarda teknoloji alanında yaşanan ilerlemeler, bina otomasyon sistemleri üzerinde de etkisini göstermiş ve bina otomasyon sistemlerinde gözle görülebilir artışlara neden olmuştur.

Bu çalışmada, HVAC Sistemleri' nin dinamik modeli oluşturulmuş ve bu model baz alınarak benzetim tarzında Yapay Sinir Ağları esaslı bir denetim sistemi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bina Otomasyon Sistemleri, HVAC Sistemleri, Yapay Sinir Ağları

ABSTRACT

In recent years with the developments in the technology, technology comes through all area of life and make life easier. Nowadays same technological developments occurred in building automation and building automation systems increased as well.

In this research, HVAC Sytem' s dynamic model is designed and formed base to Neutral Networks regard to model.

Keyword : Building Automation Systems, HVAC Systems, Neutral Network

1. GİRİŞ

Eskiden amaçlar barınmak, korunmak ve mahremiyetin sağlanması ile sınırlı iken, bugün teknolojik gelişimin verdiği olanaklara paralel olarak artan fiziksel ve psikolojik konfor taleplerine cevap verebilecek mekânların gerçekleştirilmesi önem kazanmıştır. Günümüzde giderek hassaslaşan konfor taleplerini karşılamaya yönelik olarak hızla gelişen teknolojinin bina tasarım, üretim ve işletim sürecine etkisi gözlemlenmektedir. Teknolojik alanlardaki gelişmeler ile birlikte hayatın her alanında yer almaya başlayan bilgisayarlar ve internet, bina teknolojilerinde de yeni imkânların oluşmasını sağlamıştır. Bir binanın ana unsurları olan yapı, sistemler, hizmetler, bakım ve yönetiminin optimizasyonu ve aralarındaki ilişkilerin üretken ve ekonomik olarak sağlanması ile birlikte akıllı binalar geliştirilmeye başlanmıştır. Akıllı bina çözümleri, elektronik donanımların hızla gelişmesi sonucu işlemci ve iletişim teknolojilerinde yaşanan ilerlemeler ve bilgi teknolojileri sayesinde gelişimlerine devam etmektedirler. Son yıllarda gözle görülebilir artışların yaşandığı kontrol ağları ile örülmüş bir akıllı bina bünyesinde HVAC Sistemleri, Yangın Algılama ve İhbar sistemleri, Geçiş kontrol ve Güvenlik Sistemleri, CCTV Kapalı Devre TV Sistemleri, Aydınlatma Sistemleri ve Enerji Yönetim Sistemleri' nin yer aldığı görülmektedir. Bina içerisindeki sıcaklığın optimum koşullarda tutulması ile temiz hava akışının kontrolünü sağlayarak sürekli bir konfor ortamı aynı zamanda da yüksek oranda enerji tasarrufu sağlayan ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemleri akıllı bina uygulamalarında karşılaşılan en önemli sistemlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada HVAC (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme) Sistemleri' nin yapısı, dinamik modeli ve uygun değerlere ilişkin optimal sonuçlar oluşturabilecek yapay sinir ağları ile kontrolü tasarlanmıştır.

2. BİNA OTOMASYON SİSTEMLERİ

2.1 Bina Otomasyon Sistemlerinin Tarihsel Gelişimi

Bina otomasyon sistemlerinin temelini insanlık tarihinin köklerine dayandığı ve insanların hayata gözlerini açtıkları andan itibaren var olduğu aşikârdır. İnsanlığın var oluşu ile birlikte, insanların vücut ısılarını sabit tutmak ve yaşamlarını devam ettirebilmek amacı ile ısınma ve havalandırma sistemlerine ihtiyaç duydukları kesindir. İklimlendirme ve havalandırmanın şüphesiz insanların mahal hava şartlarını suni olarak kendi istek ve arzularına göre değiştirdikleri an başladığı bilinmektedir. İlk insanlar yaşamlarını devam ettirirken sıcaktan ve soğuktan korunma amacı ile mağaralara sığındıkları ve hayvan derilerinden ürettikleri kürkleri kullandıkları yapılan arkeolojik çalışmalarda elde edilen kalıntılar ve belgelerde

kanıtlanmaktadır. İlk çağlar için önemli bir gelişme olan ateşin bulunuşu, yaşamlarını sürdürmeye çalışan insanların ısınma ihtiyaçlarını giderebilmelerine olanak tanıyan ilk aşama olarak iklimlendirmenin temelini oluşturduğunu söylemek zor değildir. Mağara ağızlarında ateş yakarak hayatlarını sürdüren insanoğlu, zamanla ateşi barındıkları mahal içerisindeki ocaklarda kullanarak ısınma ihtiyaçlarını gidermiştir. Gün geçtikçe ısınma sonucu kuruyan havanın nemlendirilmesi ihtiyacı belirmiş, bu amaç doğrultusunda kumaş parçaları ve kömür tozu tabakalarının bulunulan mahallerde kullanılması başlamıştır.

Elektronik sistemlerde meydana gelen hızlı gelişmeler sonucu kapsam ve konfigürasyon olarak büyük değişimlere uğrayan bina otomasyon sistemleri, seksenli yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Günümüz sistemlerinin öncüleri sayılabilecek olan ilk sistemler, yalnızca izlemeye yönelik olan bütün bilgi ve kontrol noktalarının ana kontrol paneline ayrı ayrı olarak bağlandığı, sisteme yalnızca ana sistem merkezinden müdahale edilebildiği sistemlerdi (Endar, 2007).

Seri bilgi taşıma sistemleri ve elektronik ekipmanlar 1970' li yıllarda bina otomasyon sistemlerinin büyük ölçüde gelişmesine yol açmıştır. Ana merkezlerde bilgisayarların kullanılması sonucu bina dışındaki mahallerden de izleme ve kontrol imkânlarının gerçekleşmesini sağlamıştır. Sonraki yıllarda elektronik alanındaki gelişmeler daha hızlı, daha yüksek kapasiteli kontrol cihazlarının kullanılmasına imkân vermiş, merkezi olarak yürütülen bina denetiminin yerini elektronik sistemler ile bina dışı koşulların yanı sıra lokal konfor koşullarının da takip edilerek gereksinimlere göre işletiminde esneklik sağlayabilen sistemler almıştır. Bunun sonucunda kontrol fonksiyonları lokalize olmaya başlarken, merkezi kontrol ve lokal kontrol sistemlerinin yönetim ve işletim performansının artırılmasına yönelinmiştir. Teknoloji alanındaki hızlı gelişim ve internetin yaygınlaşması ile bina otomasyon sistemleri ve akıllı binalar internet üzerinden de izlenebilen ve kontrol edilebilen hale dönüşmüştür (Endar, 2007).

2.2 Bina Otomasyon Sistemleri Amacı

Bina otomasyon sistemleri, içerisinde bulunan ortamın genel şartlarının şekillendirilmesi, konfor şartlarının istenilen doğrultularda sağlanabilmesi ve yaşam kalitesinin yükseltilmesi ile verimliliğinin artırılması doğrultusunda kurulan sistemlerdir. Aynı zamanda kullanılan kontrol yöntemleri ile denetlenen bölgenin konfor şartlarında bozulmalara sebep olmadan enerji tasarrufunun sağlanması da mümkün olabilmektedir. Denetlenen bölgenin, değişen ısı yükü ve dış ortam koşullarında sürekli olarak istenilen koşullarda tutulabilmesi bina otomasyon sistemlerinin ana amaçlarından biridir. Bina otomasyon sistemlerinin altyapısında

alınan bilgi ile kontrolör arasındaki ilişki ve bilgi alışverişi elektronik donanımların yanı sıra yazılım ile de belirlenebildiğinden dolayı gelecekte sistem üzerinde oluşabilecek değişiklikler ve sisteme ilaveler yalnızca yazılımın değiştirilmesi ile rahatlıkla karşılanabilir. Oysa ki sistem gereksinimlerinin gelecekte değiştirilmesi ihtiyacı, bina otomasyon sistemlerine sahip olmayan mahallerde büyük masraflı değişikliklere neden olabilmektedir (Endar, 2007).

Modern binalarda insan konforunu sağlayan ve yaşam kalitesini arttırıcı termodinamik kurallar aydınlatma, güneş, rüzgâr gibi iç ve dış yüklerden etkilenebilmektedir. Bina içerisinde konfor şartlarını zorlayan ve olumsuz etkilere neden olan bu iç ve dış yükleri ekonomik olarak dengede tutabilmek ancak binaya uygun olan bir tesisat dizaynı ve ona uygun bir otomasyon sistemin tasarımı ile mümkün olmaktadır (Endar, 2007).

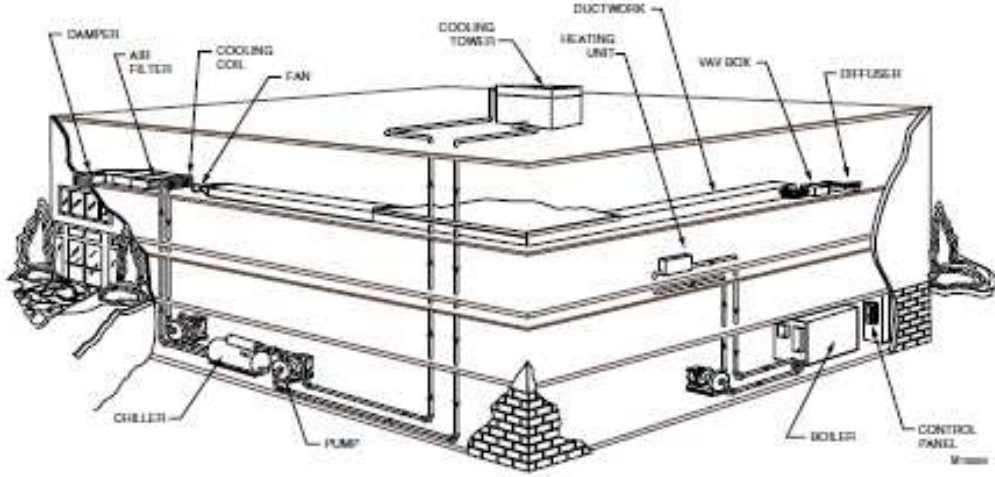
2.3 Bina Otomasyon Sistemlerinin Sağladığı Avantajlar

Bina otomasyon sistemlerinin sağladığı avantajlar aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Personelin ana merkezdeki kontrol yetkisinin sınırsız olması, grafiksel çizimler ve kullanım talimatlarına sahip olması sonucu binanın mekanik ve elektrik sistemlerine daha kısa sürelerde hâkim olabilmeleri ve bu sistemleri daha efektif olarak kullanabilmeleri,
2. Tekrara dayalı döngüsel işlemlerin istenilen periyotlarda istenilen koşullarda yerine getirilmesinin otomatik olarak yaptırılması, dolayısı ile insan gücüne olan ihtiyacın azalması,
3. Konfor şartlarının değişen ortam şartlarına daha hızlı cevap verebilmesi ve daha iyi konfor şartlarının sağlanabilmesi,
4. Enerji sarfiyatının azalması ve enerji faturalarındaki düşüşler,
5. Sistemde meydana gelebilecek olan arızaların daha kısa sürelerde farkına varılarak binada yaşayanlar tarafından hissedilmeden düzeltilebilmesi,
6. Otomatik raporlama, bakım raporlama ve alarm raporlama gibi sistemin daha iyi yönetilmesine olanak sağlaması,
7. Çözüm esnekliği sağlaması,
8. Mevcut olan sistemlerin sürekli olarak genişleyebilmesi ve yenilenebilmesine olanak sağlaması (Endar, 2007).

3. HVAC SİSTEMİ

HVAC Sistemi, bina içerisindeki sıcaklığın optimum koşullarda tutulması ile temiz hava akışının kontrolünü sağlayarak sürekli bir konfor ortamı sağlayan, aynı zamanda da yüksek oranda enerji tasarrufu sağlayabilen ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemleridir.



Şekil 3.1 HVAC sistem yapısı

19. yüzyılın sonlarına kadar evlerin ve binaların ortam sıcaklıklarının denetimi el ile gerçekleştirilmiştir. Ortam sıcaklığının yükseldiği durumlarda pencere ve kapıların açılması ile hava hareketi sağlanarak sıcaklığın düşürülmesi sağlanmıştır. Ortam ısısının düşmesi ve soğuması durumunda ise, ısı kaynağından elde edilen enerjinin seviyesi artırılarak ısınma ihtiyacı sağlanmıştır.

Otomatik kontrol alanında gerçekleşen ilk uygulamalar 1885 yılında keşfedilen bimetal tabanlı termostatin elle kurulmuş yay ile güçlendirilmiş olan bir adet motor, bir adet kömür ile yanan fırın veya kazan üzerinde bir adet çekici damperi açma ve kapama işlemleri ile gerçekleştirilerek ortam ısısını denetlemesi ile kullanılmaya başlanmıştır (Şengirgin, 2002).

Otomatik kontrol konusu ilk defa 1894 yılında yapılan Amerikan Isıtma ve Havalandırma Mühendisler Topluluğu' nun (ASHVE) geleneksel toplantısında tartışılmıştır. R.C. Carpenter (1897) ileriki yıllarda ısı sistemlerinin dinamik davranışını tanımlayacak olan zaman sabiti tanımını, bulunan mahalın sıcaklığının arzu edilen sıcaklık seviyesinin %63 oranına getirilmesi için gerekli olan zaman olarak ifade etmiştir. R.C. Carpenter tarafından ifade edilen bu tanım, otomatik kontrol geçmişinin ilk ve en önemli tanımlamalarından birisidir. J.H. Kinealy (1903) bulunduğu bir toplantıda sıcaklık denetimi için gerekli olan sıcaklık

değerleri konusunda görüşlerini ortaya koymuştur. Sıcaklık kontrolü için gerekli olan değerleri şu şekilde ifade etmiştir. “Sürekli hareket halinde çalışan ve sağlıklı insanların bulunduğu ortamlar için 13°C - 18°C, sabit çalışma koşullarında sağlıklı insanların bulunduğu ortamlar için 22°C ve yaşlı ve hasta insanlar için ise 22°C’ den daha yüksek sıcaklıklar olmalıdır. Çalışma koşullarına göre yıl boyunca 16°C - 27°C arasında bulunması gereken ortam havasının kışın ısıtılmaya, yazın ise soğutulmaya ihtiyacı vardır” (Şengirgin, 2003).

İkinci Dünya Savaşı’ na kadar HVAC (Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme) Sistemleri’ nde kullanılan termostat, pnömatik denetim elemanları ve elektrikli hava damperleri gibi kontrolörler icat edilmiş ve zamanla geliştirilmiştir. İkinci Dünya Savaşı’ ndan sonra ise mühendislik hesaplamalarında kullanılan bilgisayarlar HVAC Sistemleri’ nin denetiminde veri aktarma amacı ile kullanılmaya başlanmıştır. 1970’ li yıllarda bilgisayar teknolojisindeki ilerlemeler ve analog - dijital, dijital - analog dönüştürücülerin geliştirilmesi ile veri kullanımı ve aktarımı hızlanmıştır (Şengirgin, 2003).

1973 yılında gerçekleşen enerji krizi, endüstride kullanılan sistemlerde büyük değişimlere neden olmuştur. Daha az enerji harcayan yüksek verimli hava şartlandırma (air conditioning) sistemlerinin kurulması gerekliliği ortaya çıkmış, enerji verimlilik oranı ve benzeri terimler gün yüzüne çıkmıştır. Enerji verimliliği açısından birçok yeni sistem geliştirilmiş olmak ile birlikte yeni geliştirilen VAV sistemlerinin kullanımı yaygın hale gelmiştir.

3.1 HVAC Sistemlerinin Çalışma Mantığı

HVAC Sistemleri ortamın konfor şartlarının muhafaza edilmesi, iç hava kalitesinin kabul edilebilir değerlerde tutulması ve mümkün olduğunca yüksek verimde çalışmasını sağlama prensiplerinin temeline dayanır.

HVAC Sistem bileşenlerinden klima santralleri, ortamda bulunan havanın yaşayanların psikometri faktörlerine göre tasarlayıp ısıll kontrolleri sağlayan yapıtaşıdır. Bünyesinde dış ortamdan iç ortama giren havanın kontrol edilmesini sağlayan bir taze hava damperi bulunmaktadır. İçeriye giren havanın zararlı veya istenmeyen parçacıklarından arınması için filtreden geçirilir. Havanın istenilen sıcaklık değerine ulaşabilmesi için ısıtma serpantini kullanılır. Isıtma serpantini içerisindeki sıcak su, motor yardımı ile kurulu boru düzeneği içerisinde dolaşır ve istenilen ısı değerine ulaşması sağlanır. Soğutma işlemi için ise, yapısında bulunan soğutma serpantini ile içerisinde dolaşan soğuk su vasıtası ile hava kurulu boru düzeneğinden geçerken soğur ve sıcaklık değerinin düşmesini sağlar. Havalandırma hareketinin sağlanması için fanlar kullanılır. Kullanılan fan havayı dış ortamdan alıp iç ortama

transferini gerçekleştiriyor ise vantilatör, iç ortamdan dış ortama transfer gerçekleştiriyor ise aspiratördür. Doğuran emilen havanın dış ortama gönderilmesini de boşaltım fanı sağlamaktadır. Hava sıcaklığının belirlenmesi için sıcaklık algılayıcıları kullanılır. Üfleme ve dönüş hava sıcaklıkları ayrı ayrı olarak ölçülür. Dönüş havasında hava kalitesi ölçümü gerçekleştirilir ve bu ölçüm karışım hava damperinin iç ortama ne oranda karışım havası transferini gerçekleştireceğini belirlemede kullanılır (Endar, 2007).

Çizelge 3.1 HVAC sistemlerinin çalışma karakteristikleri

Kontrol Döngüsü	Sınıflandırma	Açıklama
Havalandırma	Temel	İstenilen taze hava miktarının sağlanması amacı ile taze hava, karışım havası ve boşaltma havası damperlerinin konumlarının ayarlanması
	Daha İyi	Değişen iç ortam şartlarına göre, arzu edilen taze hava miktarını dönüş havası ile karıştırarak sisteme vermek amacı ile taze hava giriş debisinin ölçülüp kontrol edilmesi
Soğutma	Soğutucu Kontrolü	Soğutma yapan klima santrallerine istenilen sıcaklıktaki soğutma suyunun sağlanabilmesi amacı ile çıkış suyu sıcaklığının kontrol edilmesi
	Soğutma Kulesi Kontrolü	Soğutucu suyu sıcaklığının ayarlanabilmesi için soğutma kulesi hava dolaşımı pompalarının ve kule fanının kontrol edilmesi
	Soğutma Serpantini Kontrolü	Ortam sıcaklıklarını veya üfleme havası sıcaklıklarını istenilen değerde korumak amacı ile soğutma suyunun kontrol edilmesi
Fan	Temel	Zaman programına göre üfleme ve dönüş fanlarının çalıştırılması
	Daha İyi	Ortam statik basınç ve kanal basınç değerlerini istenilen seviyelerde koruma amacı ile fan debilerinin ayarlanması ve kontrol edilmesi
Isıtma	Serpantin Kontrolü	İstenilen ortam sıcaklığının ayarlanabilmesi için sıcak su, buhar debisi veya elektrikli ısıtıcıların kontrol edilmesi
	Kazan Kontrolü	İstenilen kazan çıkış suyu sıcaklığının ayarlanabilmesi için brülörün kontrol edilmesi

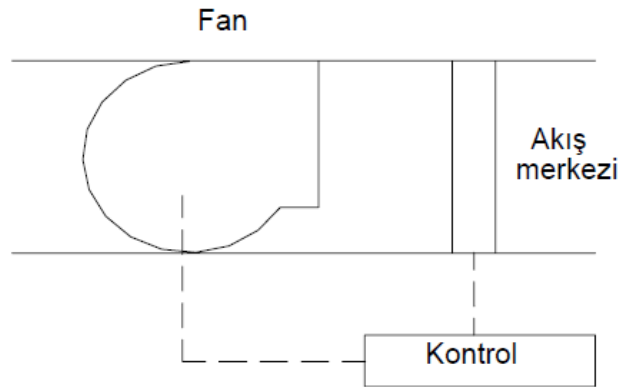
4. HVAC SİSTEM KONTROLLERİ

4.1 Fan Kontrolü

HVAC Sistemleri'nde hava hareketini sağlama amacı ile kullanılan Radyal ve Aksiyal şeklinde iki gruba ayrılan fan grubu bulunmaktadır. Ayrıca iklimlendirilmiş olan havanın transferini gerçekleştirme amacı ile kullanıldığında vantilatör, kullanılmış havayı ve egzostları toplama amacı ile kullanıldığında ise aspiratör adını almaktadırlar. Aksiyal veya santrifüj tip fanlarda basıncın meydana gelişi, hava kütesinin santrifüj kuvvetinden ve kanatları terk ederken havanın sahip olduğu kinetik enerjinin statik basınca dönüşmesi ile oluşmaktadır. Havanın hızı, kanatların hızı ile havanın kanatlara nazaran relatif hızının geometrik toplamıdır. Öne eğimli kanatlarda bu iki hız birbiri ile aynı yönde iken geriye eğimli kanatlarda ise aksi yönlüdür. Bu nedenle geriye eğimli kanatlı bir fan, öne eğimli bir fandana daha yüksek verime sahiptir. Aksiyal fanlar ise, basıncının tamamını hızın statik basınca dönüşmesinden yararlanarak sağlar ve santrifüj kuvvetlerden yararlanmazlar. Fanlar ile hız ayarlaması, giriş fanı veya boşaltma damperlerinin ayarlanması, çevresel fanların ayarlanması, kontrol edilebilir mesafenin ayarlanması ve giriş fanı kanatlarının ayarlanması gibi uygulamalar yapılabilir (Yakut vd, 2002).

4.1.1 Sabit Debi Kontrolü

Sabit debi kontrolü uygulamalarında sabit hava akış sayısı, kanal direncinin ayarlanmasını sağlamaktadır (Yakut vd, 2002).



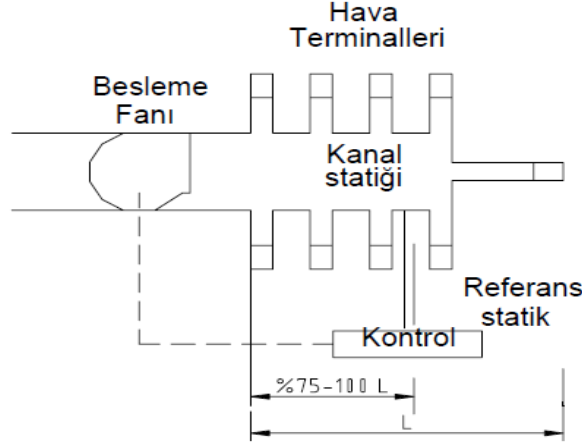
Şekil 4.1 Sabit debi kontrolü

4.1.2 Kanal Statik Kontrolü

Kanal Statik Kontrolü, VAV ve diğer terminal tip sistemlerde statik basınçlarının ölçümünde kullanılır. Bu sensörler %75 ile %100 aralığında ilk ve son hava terminalinin bulunduğu aralıklara yerleştirilirler.

Referans olan statik sensörlerin yerleşiminin seçimi oldukça önemlidir. Kontrol işleminin bozulmaması için kapı açılıp kapanmasını, asansör hareketini ve diğer kaynaklardan oluşabilecek hava türbülansının önlenmesi gerekmektedir. Sistem kontrolü tamamen besleme havasına göre dizayn edilmeli veya tamamen havalı terminal ünitelerde minimum statik basıncı sağlamak için en uygun çalışma basıncı seçilmelidir.

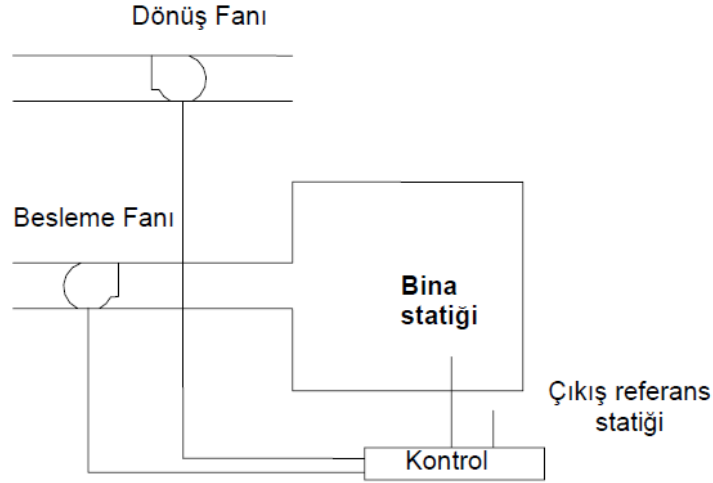
Bu sensörler alçak statik basınç şartları için fan kontrolü ile kanal çıkışının ayar noktasının kontrolünü gerçekleştirir. Kanal statik limit kontrolleri genellikle besleme fanını tahliye etmek aşırı kanal basıncını önlemek için kullanılırlar. Fan kapamalı tip yapısında, yüksek limit kontrollerinde emniyeti sağlamak için fanı kapatarak çevrimi durdurur. İkinci model yüksek limit kontrol tipi sistemler ise, bölgesel yangın damperlerinde kullanılırlar. Bölgesel yangın damperleri kapalı olduğu zaman kanal basıncı düşüktür, fan modülasyonunu artırmak kanal statik kontrolüne sebep olurlar ve bununla birlikte yüksek limit kontrolü önemini kaybeder. Besleme fanı ısınma kontrolünde dönüş fanı önlenmeli besleme fanı havası dağıtılmalıdır. Dönüş fanını ısınma esnasında maksimum kapasitede hava akışı olmalıdır (Yakut vd, 2002).



Şekil 4.2 Kanal statik kontrolü

4.1.3 Dönüş Fan Kontrolü

Dönüş fan kontrolü, VAV sistemlerinde uygun bina basıncını ve minimum çıkış havasını sağlayan sistemlerdir. Dönüş fanı hava akışı, minimum ve maksimum hava akış şartlarının düzenlenmesi için kullanılır. Bina basınçlandırma kontrolünde dönüş fanı ile ortamın ve çıkış havasının statik basıncının ölçülmesi için gereklidirler. Giriş bölgesindeki statik basıncın ölçülmesi dikkatli bir seçimi gerektirir (Yakut vd, 2002).

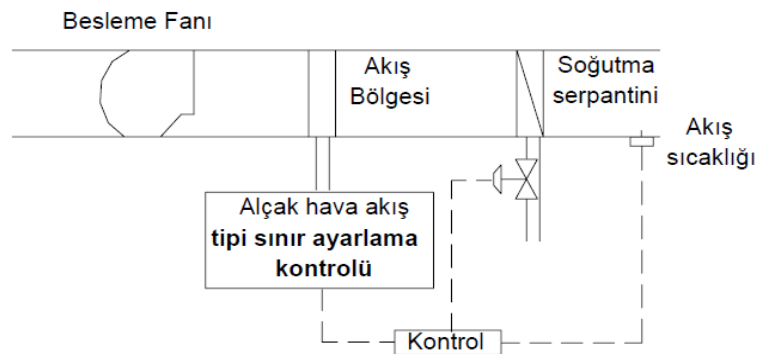


Şekil 4.3 Dönüş fan kontrolü

4.1.4 Fanın Kararsız Çalışması

VAV sistemlerindeki fan kararsızlığı genellikle uygun fan boyutlandırılması ile önlenir. Buna rağmen hava akışındaki azalma %60 değerinin üzerinde ise, sabit alan içerisindeki hava akımını korumak için genellikle ardışık fan tekniğinin kullanımı gereklidir. Bina soğutma yükleri daha büyük hava akışı gerektirdiği için, soğutma bobininin tahliyesi daha yüksek sıcaklığa ayarlanarak fan kararsızlığı önlenir. Gerekli fazla hava akışı ve sıcaklık ayarlaması arasında zaman gecikmesi yüzünden ayarlanan değer fan kararsızlığı noktasının güvenli bölgesinde seçilmelidir (Yakut vd, 2002).

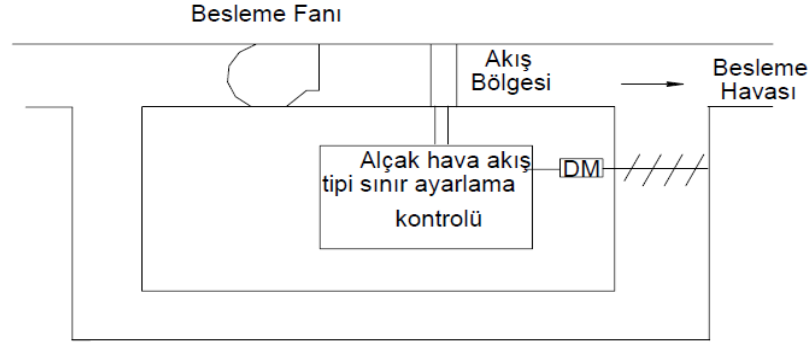
Bu teknik kullanıldığında ortaya çıkabilecek kurutma gereksinimi ihtiyacı belirlenmelidir. Fan bypass hava akışının muhafaza edilmesi için fan çevresindeki dolaşımını azaltmaya imkân verir (Yakut vd, 2002).



Şekil 4.4 Fanın kararsız çalışması

4.2 Dış Ortam Hava Miktarı Kontrolü

Dış ortam hava miktarı kontrolü çoğu HVAC Sistemleri'nde maliyetinin hemen hemen sıfır olmasından dolayı yılın uygun zaman dilimlerinde kullanılır. Bu kullanım sırasında amaca göre değişik kontrol mantıkları ayrı ayrı ya da birlikte kullanılır (Yakut vd, 2002).

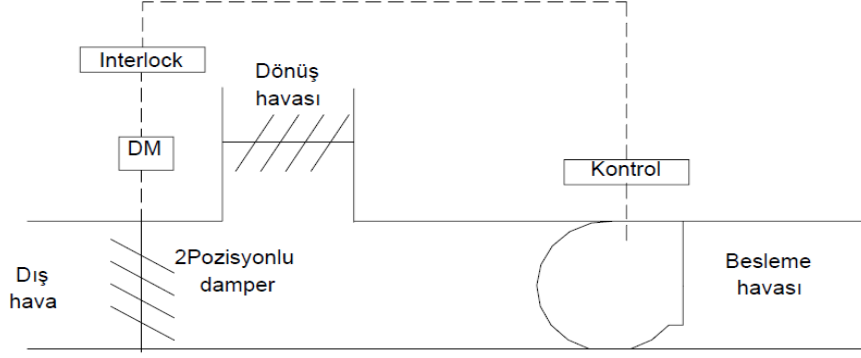


Şekil 4.5 Fan by-pass kontrolü ile besleme fanı kararsızlığının önlenmesi

4.2.1 Minimum Sabit Dış Hava Kontrolü

Zon içerisindeki havanın temizlenmesi, içerideki insanların konforu açısından şarttır. Oda içerisindeki hava basıncının dış hava atmosfer basıncının üzerinde olması, dış ortamdan gelebilecek kirli hava ve toz zerreciklerinin filtre edilmeden içeri girmesini engellemiş olur. Dönüş fanı olmayan klima santrali modellerinde, taze hava damperi üfleme fanına kilitli olarak çalışır ve fanın çalışmaya başlamasıyla otomatik olarak açılır. Ancak taze hava damperi vantilatör çalışmaya başladığı anda açılmalıdır. Aksi takdirde kanalların zarar görmesine neden olabilecek negatif basınç oluşabilir. Bu amaçla bazı sistemlerde, fanın on-off anahtarı, taze hava damperinden belirli bir zaman diliminden sonra çalıştırılır. Kanal boyunca ortama verilen taze havanın miktarı, taze hava damperinin açıklığıyla ve karışım havası hücresi ile taze hücresi arasındaki basınç farkıyla belirlenir.

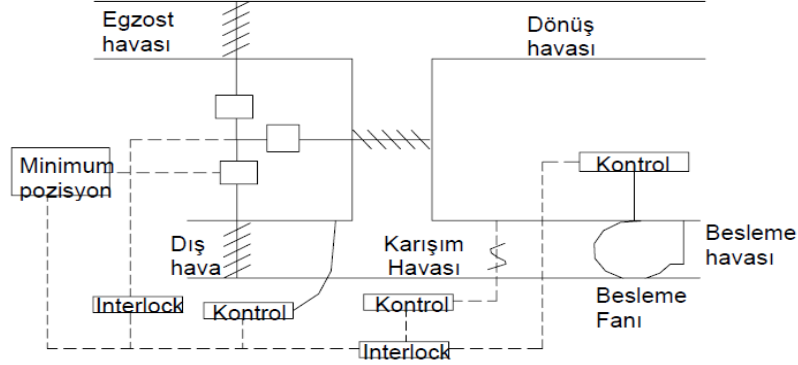
Dönüş fanı bulunan sistemlerde minimum taze hava kontrolü iki şekilde yapılır. Bu sistemlerde minimum taze hava, üfleme havası ve dönüş havası arasındaki basınç farkına göre belirlenir. %100 taze hava kullanılan sistemlerde, tüm taze hava besleme fanı yardımı ile iç ortama verilir ve mahalden hiçbir dönüş yapılmaz. Taze hava damperi üfleme fanına bağımlı çalışır ve genellikle fandan önce açılmaya başlar (Yakut vd, 2002).



Şekil 4.6 Dönüş fansız sistem yapısı

4.2.2 Ekonomizer Çevrimi Kontrolü

Ekonomizer çevrimi kontrolü, dış hava şartlarının istenilen değerlerde olması durumunda dış havanın kullanılarak sistemin soğutma yükünün azaltılması açısından yararlıdır. Dış hava sıcaklığı üst sıcaklık limit set değerini aştığı takdirde dış hava damperi sadece minimum taze hava sisteme girecek oranda kapatılır ki bu da yaklaşık %20 taze hava almaya izin verir. Bu sırada egzoz damperleri taze hava damperleri ile genellikle eşlenik çalıştığı için kapanır ve bunlara ters çalışan by-pass damperi ise açılır. Böylece dışarıdaki oda havasından daha sıcak havanın iç ortama üflenerek daha fazla soğumaya neden olması engellenmiş olur (Yakut vd, 2002).



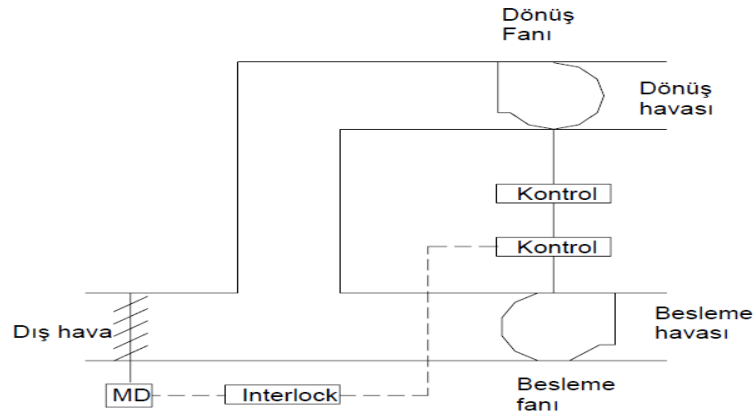
Şekil 4.7 Ekonomizer çevrim kontrolörü

4.2.3 Entalpi Ekonomizer Kontrolü

Entalpi ekonomizer kontrolü, gizli ısıнын yeterli seviyede olduğu binalarda, soğutmadan fazla tasarruf edebilmek amacı ile ekonomizer çevriminin sıcaklık üst limit set değerinin daha yüksek bir değere ayarlanması ile sağlanır. Entalpi ekonomizer kontrolü, sabit entalpi limit set değeri şeklinde girilerek dönüş havası entalpisi ile karşılaştırılmalı ve bu değeri aşmayacak şekilde ya da her ikisinin karışımı şeklinde tasarlanması gerekmektedir (Yakut vd, 2002).

4.2.4 Isınma-Son Hazırlık (Warm-up) Kontrolü

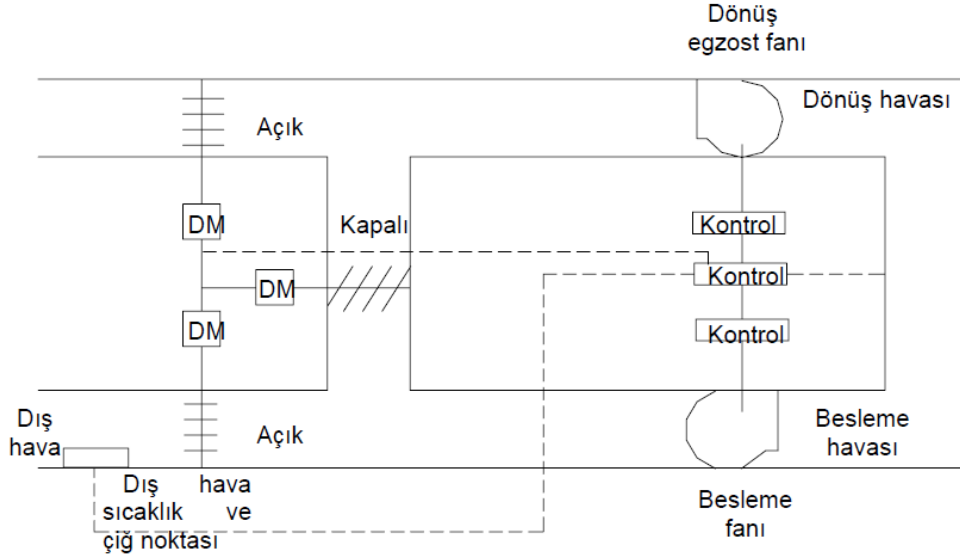
Isınma-son hazırlık kontrolünde koşullandırılmanın yapıldığı periyotta dış havaya ihtiyaç duyulmaz. Bu durumda taze hava ve egzost damperleri kapalı durumda kalır. Ancak dönüş fanlı sistemlerde, taze hava damperleri kanallarda oluşabilecek zararlı basınç farkını engellemek amacı ile minimum miktarda açık tutulur. Aksi takdirde dönüş fanı çalışmasına rağmen taze hava damperleri kapalı kalacağı için oda içerisinde negatif basınç oluşur ve kanallar bu durumdan zarar görür. Bu amaçla taze hava damperleri minimum açıklıkta tutulur (Yakut vd, 2002).



Şekil 4.8 Isınma-son hazırlık (warm-up) kontrolü

4.2.5 Gece Soğutması Kontrolü

Gece soğutması kontrolünde koşullandırılmanın yapıldığı gece periyodu boyunca %100 taze hava verilir. Zon dış hava sıcaklığının yaklaşık 9F üzerindeki bir set değerine soğutulur. Limit kontrolü, eğer dış hava sıcaklığı aşırı yüksek ise ya da kuru termometre sıcaklığı 50F gibi çok düşük bir değerde ise operasyonu durdurur. Gece soğutmasının yapıldığı periyot, gün aydınlanmadan önce ve gecenin en soğuk zaman dilimi olan sabaha karşı başlatılır ve bu zaman dilimi genellikle koşullandırılmanın yapılmasından belirli bir süre önce başlar (Yakut vd, 2002).



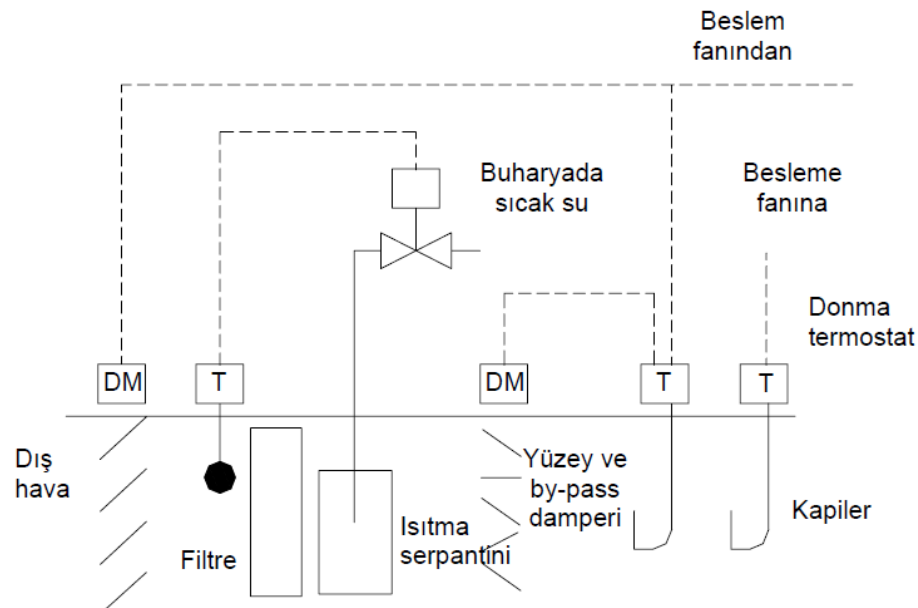
Şekil 4.9 Gece soğutması kontrolü

4.3 Isıtma Serpantini Kontrolü

Merkezi ısıtma ünitelerinde kullanılan ısıtıcı serpantinler; ön ısıtma, son ısıtma ve ısıtma amacı ile alınan minimum taze hava miktarına göre seçilmiştir.

4.3.1 Ön Isıtıcı Serpantin Kontrolü

Ön ısıtıcı serpantin kontrolünde kullanılacak kontrol sistemi, dönüş havasından alınacak minimum karışım ile donma olayını engelleyebilecek dahi olsa yine de donmaya karşı korunmalı olmalıdır. Çünkü ortalama miktardaki uygun bir karışım, serpantini donmaya karşı koruyabilecek olsa bile damperin uygunsuz konumlandırılmasından dolayı oluşabilecek karışımlar serpantin yüzeyinin donmasına sebep olabilir. Buhar ön ısıtıcı serpantin iki yollu vanaya ve serpantin yüzeyinde yoğuşmayı önleyici vakum kırıcılara sahip olmalıdır. Taze hava sıcaklık değeri donma değerinin altına düştüğünde ısıtıcı serpantin vanası tamamen açılmalıdır. Ancak bu olay aynı zamanda serpantin çıkışında sıcaklığın kontrolsüz şekilde yükselmesine de sebep olur. Bu nedenle by-pass damperi ile son kontrol yapılır. By-pass damperi tam açık iken oluşan basınç düşümü ile damper ve serpantin tam açık iken içerisinden geçen havada oluşan basınç düşümü aynı değerde olacak şekilde by-pass damperi boyutlandırılmalıdır (Yakut vd, 2002).

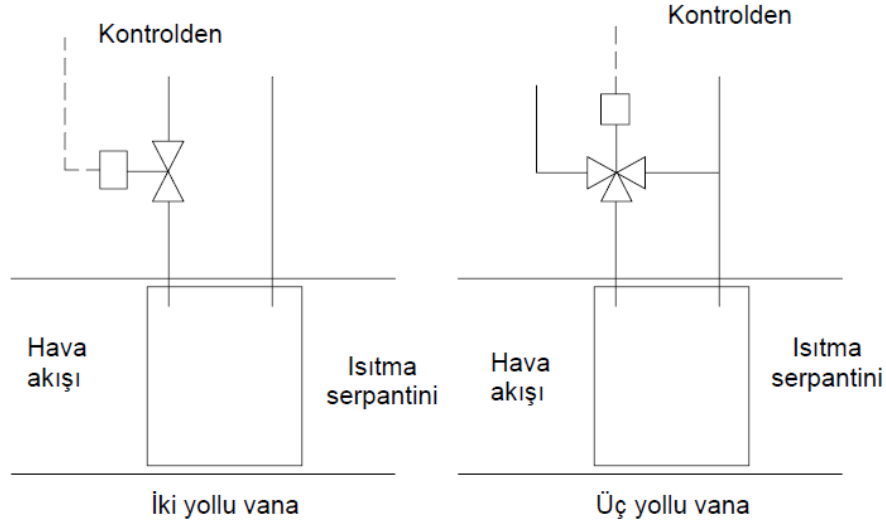


Şekil 4.10 By-pass ve yüzey damperli ön ısıtma

4.3.2 Son Isıtıcı ve Isıtıcı Son Kontrolü

Buhar ve sıcak sulu son ısıtma ve ısıtma serpantinleri donma gibi bir sorun ile karşı karşıya olmadıkları için basit iki yollu ya da üç yollu vana sistemi ile kontrol edilebilirler. Buhar dağıtıcı serpantinler uygun buhar serpantin kontrolüne ihtiyaç duyarlar. Sistemdeki vana, HVAC sistemine bağlı olarak serpantin çıkış sıcaklığı ya da oda sıcaklığına göre kumanda edilirler. Vanalar genellikle herhangi bir kontrol hatası durumunda açık kalarak sisteme enerji sağlayabilecek şekilde bağlanır (Yakut vd, 2002).

Elektrikli ısıtıcı serpantinler iki konumlu ya da oransal olarak kontrol edebilirler. İki konumlu operasyonda genellikle ısıtıcı serpantin için gerekli güce göre seçilmiş kontaklı güç röleleri kullanılır. Zaman bağlı iki konumlu kontrolde ise zaman röleleri kullanılır. Step kontrolör elektrikli ısıtıcı kapasitesine kadar kumanda verebilir. Her kademede kullanılacak step kontrolün kontak hızına uygun kontaktör kullanılır. Mekanik ya da mercury kontaktörleri, seri değişimi bakım problemi oluşturabileceği için SCR (Silicon Control Rectifiers) ya da triacs türü katı hal (solid state) kontaktörler tercih edilir. Bu cihazlar çok hızlı çevrim yapabildikleri için step kontrol oransal kontrole yaklaşır. Emniyet nedeni ile elektrikli ısıtıcı, minimum hava akışı anahtarına, üst limit sensörüne, otomatik ve manuel reset anahtarına sahip olmalıdır (Yakut vd, 2002).



Şekil 4.11 Isıtma kontrolü

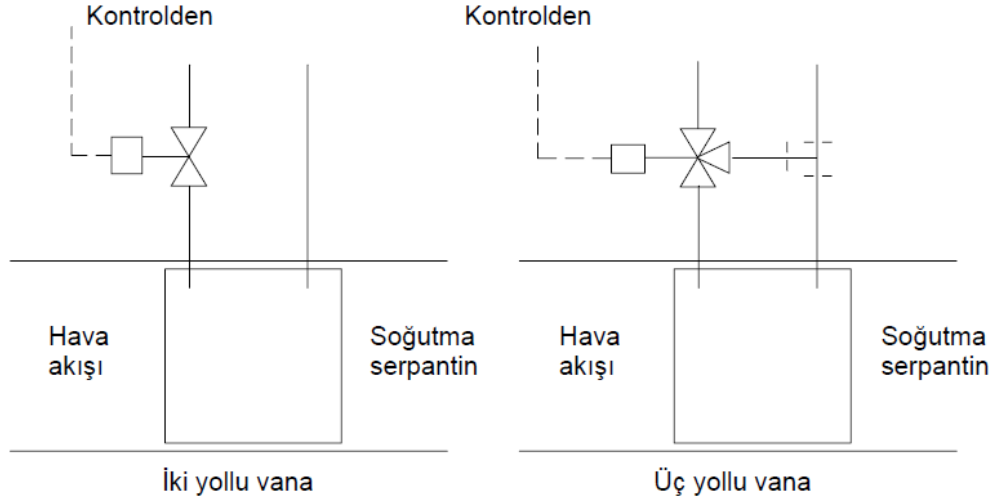
4.4 Soğutma Serpantini Kontrolü

Soğutma serpantiniinde soğutucu akışkan olarak soğutulmuş su, glikol ya da direkt genleşmeli soğutucu kullanılır. Hemen hemen tüm soğutma prosesleri ile aynı zamanda nem alma ve soğutma görevi görür.

4.4.1 Nem Alma Kontrolü

Nem alma işleminin miktarı soğutucu serpantin yüzeyine ve soğutucu akışkanın donma noktasına bağlıdır. Eğer havada yoğuşmaya başlayan su serpantin yüzeyinde donar ise, serpantin boyunca hava akışı azalır. Serpantin yüzeyinde pratikteki sıcaklık limiti 40F civarındadır.

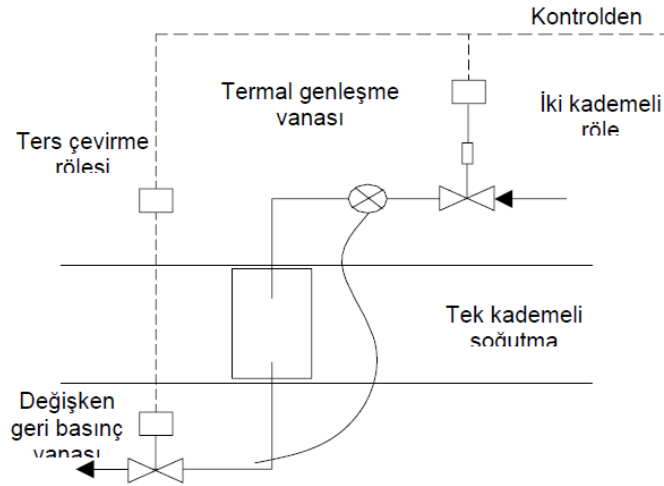
Soğutulmuş su kullanan serpantinler iki veya üç yollu vana ile kumanda edilirler. Vanalar genellikle ısıtmada kullanılanlara benzer ancak fanlar kapandığında vana da kapanacak şekilde kontrol edilirler. Vana genellikle soğutma serpantini çıkış sıcaklığına ya da oda sıcaklığına göre kontrol edilir. Dış hava ardışık çalışması genellikle uygulanır. Maksimum rölatif nem kontrolü yapılacağı zaman oda içersine ya da dönüş kanalına higrostat yerleştirilir. Oda içersinde oluşabilecek maksimum nemi limitlemek için kontrolör soğutma ve nem alma için gerekli olan iki sinyalden büyük olanını seçer ve soğutucu motoruna gönderir. Bunda amaç soğutucu serpantinin aynı anda hem soğutma ve hemde nem alma için kullanılmasıdır. Nem alma olmayan bir sistemde, hem ısıtıcı hem de soğutucu vananın aynı anda açılması söz konusu değildir. Ancak nem almalı sistemlerde bu mümkündür (Yakut vd, 2002).



Şekil 4.12 Soğutulmuş su kontrolü

4.4.2 Evaporatif Soğutma Kontrolü

Evaporatif soğutma kontrolü, standart evaporatif soğutucular ya da hava yıkayıcılar kullanılarak yapılabilir. Prosesin verimi, giriş ve çıkış kuru termometre sıcaklıkları farkının giriş kuru termometre çıkış yaş termometre farkına bölünmesi ile bulunur. Hava yıkayıcı sistemler genelde %90 - %95 verimlilikle çalışır. Evaporatif soğutucularda ise verim %50 - %90 arasında değişir. Püskürtücü pompalar oda sıcaklığına göre kumanda edilir. Oda nemi dış hava yaş termometre sıcaklığına bağlı değiştiği için kontrol edilmesi gereksizdir (Yakut vd, 2002).



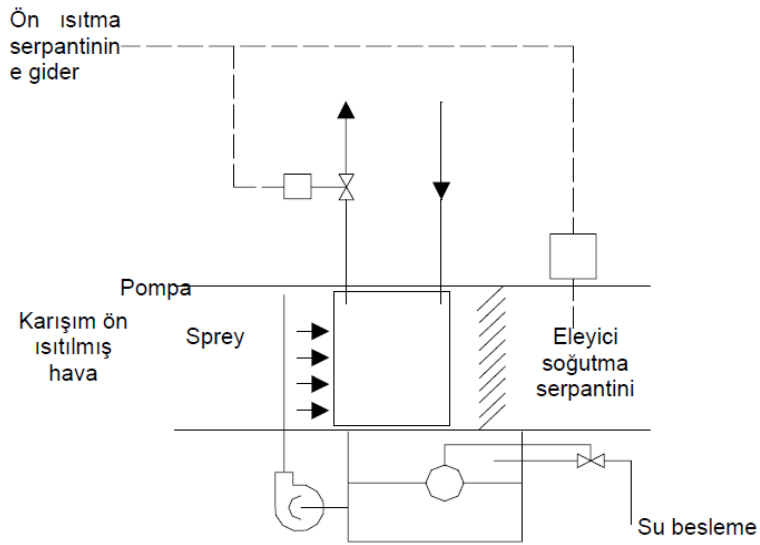
Şekil 4.13 Soğutmalı ayarlı evaporatif kontrol

4.5 Nem Kontrolü

Soğutma yolu ile oda içerisinde oluşabilecek yüksek nemin limitlenmesi yapılıyor olsa bile asıl nem alma işlemi için özel ekipmanlara ihtiyaç vardır.

4.5.1 Nem Alma Kontrolü

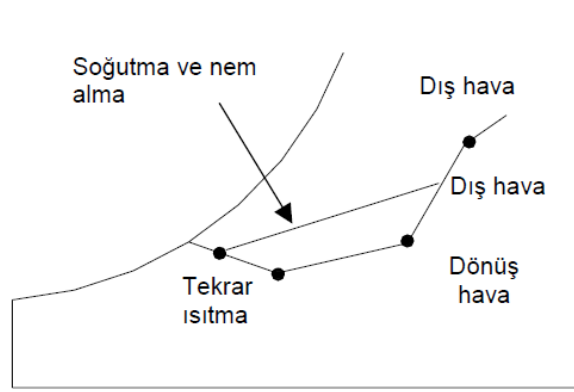
Püskürtme serpantinli nem alıcılar, genel olarak nem alma işlemi için uygun ekipmanlardır. Ancak bakım ve son ısıtma işleminin işletme giderlerinde neden olduğu artış ile serpantin üzerinde katı artık oluşumu bu sistemin yaygın olarak kullanımını engellemektedir (Yakut vd, 2002).



Şekil 4.14 Püskürtme serpantinli nem alıcı

4.5.2 Nemlendirme Kontrolü

Evaporatif fanlar, buhar jetleri ve atomizör püskürtücüler nemlendirme amacı ile kullanılan sistemlerdir ve oda ya da dönüş kanalından alınan nem ölçümlerine göre kumanda edilirler. Nemlendiriciler genelde ısıtma periyodu boyunca dizayn edilen minimum nem kullanılırlarsa da, nemlendiricilerin uygun kullanımı ve kontrolü ile yüksek oranda oda nemine erişilebilir (Yakut vd, 2002).



Şekil 4.15 Hava yıkamalı evaporatif soğutma ve püskürtme serpantinli nem alıcılar için psikrometrik diyagram

5. HVAC SİSTEMLERİ KONTROL YÖNTEMLERİ

HVAC sistemlerinde, kullanılan denetim yöntemleri denetlenen bölgenin konfor şartlarında bozulmaya neden olmadan enerji tasarrufuna olanak tanımaktadır. Denetlenen bölgenin, değişen ısı yükü ve dış ortam şartlarında sürekli olarak istenilen koşullarda tutulması denetimin temel amacıdır.

5.1 İki Konumlu Kontrol

İki konumlu kontrolde kontrol edilen değişkenin iki ayrı değeri, kontrol elemanının pozisyonunu belirler. Kontrolör kontrol edilen bu iki değer arasında Fark aralığı (Differential Gap) veya Fark (Differential) adı verilen aralıkta kontrol elemanının pozisyonunda bir değişiklik yapmaz. İki konumlu kontrol yönteminde ara değerler söz konusu olmadığından kontrol elemanının sadece iki konumu söz konusudur. Bu nedenle kontrol yöntemi oldukça basit olmasına rağmen salınımı çoktur.

5.2 Adım Kontrol

Adm denetleyiciler, elektrikli ısıtıcılar veya kompresörler gibi iki pozisyonlu cihazları, belirli bir sıralama ile işleterek devreye alma ve çıkarma prensibi ile çalışır. Adım denetleyiciler, birden fazla iki konumlu kontrol elemanlarını kullanarak doğru bir oransal çıkış bulmak için oransal bir giriş sinyali kullanırlar.

5.3 Üç Konumlu Kontrol

Üç konumlu kontrolde kontrol elemanının pozisyonu ölü bölge içerisinde hiç bir kontrol yapılmaksızın serbest bırakılmıştır. Bu nedenle kontrol edilen değer set değerine yakın bir noktada bulunur.

5.4 Oransal (P) Kontrol

Oransal kontrolde kontrol sinyali, kontrol edilen değişkenin değeri ile kontrol değeri arasındaki farka (hata değeri) göre oransal olarak değişir. Kontrol elemanının tam açık veya tam kapalı olabildiği iki konumlu kontrolden farklı olarak kontrol elemanı yüzde olarak istenilen oranda açık ve kapalı olabilir.

5.5 Oransal - Entegral (PI) Kontrol

Kontrol sinyali, oransal kontrol metodundan farklı olarak kontrol edilen değişkenin değeri ile kontrol değeri arasındaki farka (hata değeri), hatanın süresi ve büyüklüğüne göre oransal olarak değişir. Kontrol elemanının konumu oransal kontrol metodunda olduğu gibi ölçülen değerlerin belli miktarlarına karşılık sabit bir orana sahip değildir.

5.6 Oransal – Entegral - Türev Kontrol

Bir kapalı döngü denetim sistemi içindeki denetim organının görevi, ölçme elemanı üzerinden geri beslenen çıkış büyüklüğünü, giriş büyüklüğü ile karşılaştırmak ve karşılaştırmadan ortaya çıkan hata değerinin yapısına ve denetimine bağlı olarak uygun bir denetim sinyali üretmektir.

Sürekli denetim sistemi için temel denetim etkileri orantı (P), entegral (I) ve türev (D)' dir. Bu temel denetim etkilerinin bir veya birkaçının bir arada uygun şekilde kullanılması ile değişik denetim organları oluşturulur. Bu denetim organları orantı (P), orantı - entegral (PI), orantı - türev (PD) ve orantı – entegral - türev (PID) olarak nitelendirilir. PID denetim, üç temel denetim etkisini de içerdiği için en çok kullanılan denetimdir.

HVAC sistemlerinde sıcaklık, nem oranı, havalandırma sistemlerinde kullanılan fan hızının denetimi, soğutma sistemlerinde kompresör ve buharlaştırıcı fan hızının denetimi, ısıtma sistemlerinde valf denetimi gibi birçok konuda PID denetim uygulamaları üzerine çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Klasik PID denetimde, PID kazanç değerleri uygun çalışma şartları için ayarlanır ve çalışma koşullarında çok büyük değişiklikler olmadığı sürece bu değerler değiştirilmeden denetim gerçekleştirilir. Olası bir değişiklik durumunda ise sistem durdurulur ve ayarlamalar yeniden yapılır. Son yıllarda yapılan çalışmalarla bu PID kazançları, değişen çalışma koşullarına göre değerlerini kendi kendine ayarlayan (auto tuning, self tuning) denetim sistemleri geliştirilmiştir (Şengirgin, 2003).

5.6 Uyarlamalı (Adaptive) Kontrol

Adaptif denetimin;

- i) Sistem dinamik karakteristiğinin tanımlanması (identification),
- ii) Sistem tanımına dayanan kararın üretilmesi (decision making),
- iii) Üretilen karara dayanan düzeltme (modification)

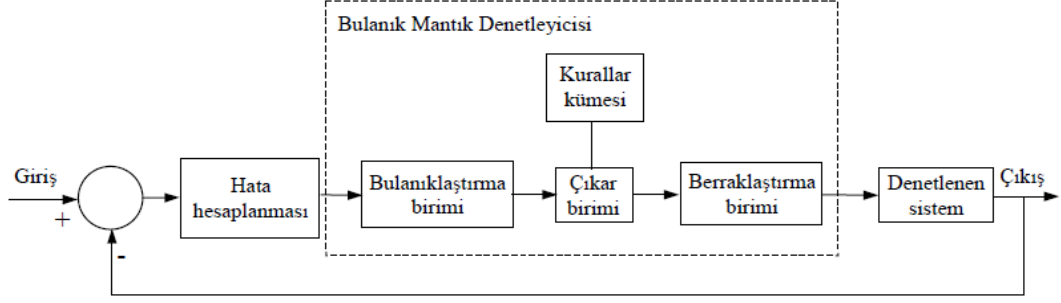
olmak üzere üç temel fonksiyonu vardır.

Günümüzde uyarlamaları adaptif denetleyiciler sistem dinamiğinin kestirimini (estimation) ve bu kestirim değerlerini en uygun denetleyici ayarları ile yerine getirmek için kullanır. Her bir örnekleme aralığındaki sistem parametrelerinin sürekli güncelleştirilmesi işlemi “tekrarlı parametre kestirimi (recursive parameter estimation)” ile adlandırılır. Bu yöntemde daha önceden kestirimi yapılan parametreler bellekte saklanmış olup, bu değerler denetim fonksiyonun düzgünleştirilmesi için en küçük kareler yöntemi içinde kullanılabilir. Daha sonra parametrelerin mevcut olduğu en son sistemde kendi kendini ayarlayan denetleyici, denetleyici ayarlarını uygulamak için bazı tasarım işlemlerine gider. Bu tasarım genellikle sistemin arzu edilen çıkış cevabına dayanır. Bu tasarım işlemlerinden birisi de kararlılık çözümlemesi için kök - yer eğrisi yöntemine dayanır. Denetim algoritmasındaki kazançların ve zaman sabitlerinin ayarlanması yolu ile kullanılan yöntem, transfer fonksiyonunu ayarlamayı ve dolayısıyla da hâkim çıkış cevabını araştırır. Diğer işlemler genellikle Ziegler - Nichols kurallarına dayanır. Kendi kendini ayarlayan denetim çevrimindeki son süreç, uygulanmış denetleyici ayarlarını fiziksel olarak gerçek sistem üzerine yüklemektir. Kendi kendini ayarlayan denetim genellikle ölü zaman gecikmesi, doğrusalsızlıklar ve çoklu denetim döngüleri ile karmaşık hale gelen sistemlerde uygulanır. Bu tür sistemlerin kararlılığı çoğu durumlarda, genel bir teori bulunmamasından dolayı saptanabilir değildir. Bu nedenle pek çok kendi kendini ayarlayan denetleyiciler iyi tanımlanmış PID denetleyicilerine dayanmakla beraber buna güçlendirilmiş uyarlanabilirlik de ilave edilmiştir (Şengirgin, 2003).

5.7 Fuzzy Logic (Bulanık Mantık) Kontrol

Klasik mantık, "Her önerme ya doğrudur ya da yanlıştır." varsayımına dayanır. Oysaki bazı önermelerin doğruluk değerleri, ölçümlerin temel sınırlamalarından dolayı belirsiz olabilmektedir. Bulanık mantık, klasik mantıktaki iki önerme arasında belirsizlik adı verilen üçüncü bir önerme ortaya koymuştur. Böylece klasik iki değerli mantığın doğru ve yanlış olan doğruluk değerleri daha esnek hale getirilmiştir.

Bulanık mantık kavramı, ilk defa 1965 yılında L. A. Zadeh tarafından ortaya atılmıştır. L. A. Zadeh bu çalışmasında insanların bazı sistemleri makinelerden daha iyi denetleyebilmelerinin nedenini, insanların kesinlik ile ifade edilemeyen (belirsiz) bazı bilgileri kullanarak karar verebilme özelliğine sahip olmalarına dayandırmıştır (Şengirgin, 2003).



Şekil 5.1 Bulanık mantık denetim sistemi genel yapısı

Bulanık mantık işlemleri bir problemin analizi ve tanımlanması, değişken kümelerin ve mantık ilişkilerinin geliştirilmeden bulunan bilgilerin bulanık kümelere dönüştürülmesi ve modelin yorumlanması işlemlerinden oluşmaktadır. Bulanık mantık algoritması her türlü problem için uygun olmayabilir. Bir veya birden fazla denetim değişkeninin sürekli olan, işlemin matematiksel bir modeli bulunmadığı veya bulunsada bunu şifrelemenin zor olduğu ya da gerçek zaman işlemleri için yeterince hesaplamanın çok karmaşık olduğu durumlarda bulanık mantık işlemleri uygulanabilir (Şengirgin, 2003).

Bulanık mantık kontrol yönteminde, değişkenlere kesin değerler atamak yerine dil bilim (linguistic) tanımlamaları verilir. Bulanık küme (set) olarak ifade edilen bu tanımlardan sonuç çıkarma işlemi gerçekleştirilir. Sadece doğru (1) ve yanlış (0)' ın bulunduğu kesin bir küme içerisinde sadece 0 ve 1 durumları yer alır. Oysaki bulanık mantıkta 0 ile 1 arasında değişen birçok değer ele alınabilir. Bu nedenle bulanık mantık kontrol yönteminde bir şey ne tam doğru ve ne de tam yanlış olmaktadır. Bulanık mantıkta klasik mantığın aksine, kısmi üyeliğe geçiş bölgesi oluşturulur (Şengirgin, 2003).

Bulanık mantık denetleyicisinin yapısı, klasik sistemlere göre insanın dilsel ve sezgisel doğasını modellemeye ve bu ortamlarda işlem yapmaya daha uygun olmasına dayanır ve klasik sistemlere göre daha insancıldır. Bulanık mantık denetiminde sistemlerin kesin matematik tanımlanmasına gerek yoktur. Bulanık mantık kurallar kümesi yalnızca insanın o konuyla ilgili deneyimleri ve sezgilerine (heuristics) dayalı olarak oluşturulur. Bu kurallar, doğası gereği dile dayalıdır ve genellikle denetlenen sistemin durumlarını bulanık bölümlere

ayırmak amacı ile çok yalın neden - sonuç ilişkileri kullanılır (Şengirgin, 2003).

Denetleyici genellikle bulanıklaştırma (fuzzyfication) birimi, kurallar kümesi (rules set), çıkarım birimi (decision making) ve berraklaştırma (defuzzyfication) birimlerinden oluşur. Bulanıklaştırma ve berraklaştırma birimleri bulanık mantık ile fiziksel sistem arasında arabirim görevlerini yerine getirir. Çıkarım birimi karar verme birimi olarak bilgisayara ve kurallar kümesi de bilgisayar programına benzetilebilir (Şengirgin, 2003).

Bulanıklaştırma birimi gerçek fiziksel değerleri dil (linguistic) sözcüklerine dönüştürür. Bu dönüştürme işlemi için küme tanımlamaları verilir. Kural esasına dayanan dil sözcükleri pek çok, çok, hiç, az, pek az gibi bir küme şeklinde olabilir. Buna yanılıgı kümesi de denilebilir. Daha sonra bu sözcüklerin 0 ile 1 arasında yer alan değerlerden ibaret arı tanımları verilir. Hiç tanımının altında kalan tanımlar, üstte kalan değerlerin negatif sayılı değerlerini alır. Bulanıklaştırma işlemi her bir gerçek fiziksel veri için bütün dil sözcüklerinin üyeliğini çıkartır (Şengirgin, 2003).

Çıkarım birim bulanıklaştırılmış verileri alıp, verilen kurallar kümesini kullanarak bulanıklaştırılmış çıktıları hesaplar. Burada "ve" işlemi her sözcük için bulanık üyeliğin çarpımı ya da en küçük değerini alma yöntemi ile bulunabilir (Şengirgin, 2003).

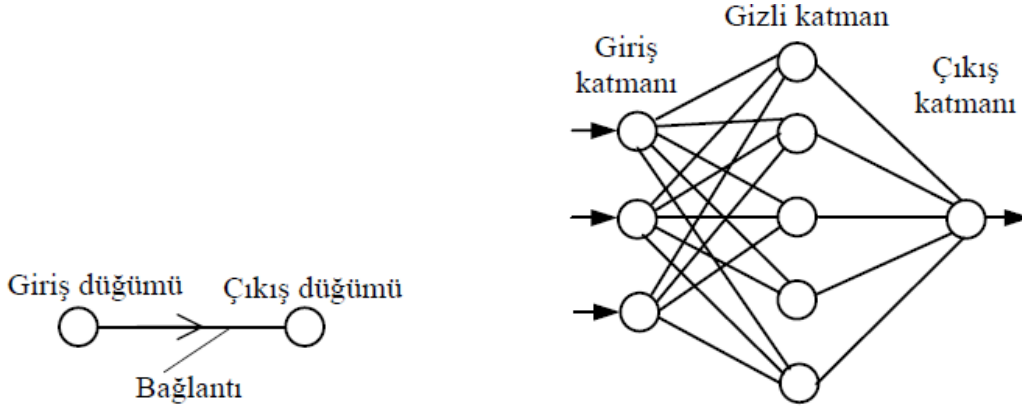
Berraklaştırma birimi, verilen bulanık verileri ve sözcük tanımları birleştirip gerçek veriyi oluşturur. Bu işlem en yüksek değer seçimi, alan ortası yöntemi ve ağırlık ortalaması yöntemi olmak üzere başlıca üç yöntemle yerine getirilir. En yüksek değer seçilmesinde verilen küme içinde en büyük üyelik değerine sahip olan gerçek değer seçilir. Alan ortası yönteminde, verilen küme içinde üyelikleri alan olarak ikiye ayıran değer alınır. Ağırlık ortalaması yönteminde ise, verilen küme içinde ikiye böldüğü alanı o noktanın uzaklığı ile üyeliğinin çarpımına bakıldığında ikiye ayıran nokta seçilir (Şengirgin, 2003).

5.8 Yapay Sinir Ağları (Artificial Neural Networks, ANN)

Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden biri olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir desteğe ihtiyaç duymadan otomatik olarak gerçekleştirebilme amacı ile geliştirilmiş insan beyninin bilgisayarlaştırılmış modelidir. Yapay sinir ağlarının hata tanısında denetlenen sistemin matematiksel modellerine gereksinimleri yoktur. Gerekli bilgiyi eğitim sırasında sunulan sezici ölçümlerinden çıkarırlar. Yapay sinir ağları bu bilgiyi, ilgili olay hakkında örnekler üzerinde eğitilerek öğrenirler. Örneklerden özellikleri çıkartarak genelleştirme yapmak ile daha sonra ortaya çıkacak fakat hiç görülmemiş olaylara çözümler üretmektedirler. Bu

nedenle yapay sinir ağlarının programlanması çok zor veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş adaptif bilgi işleme ile ilgilenen bir bilgisayar bilim dalı olduğu söylenebilir.

Yapay sinir ağları, insanlar tarafından gerçekleştirilmiş örnekleri kullanarak olayları öğrenebilen ve çevreden gelen olaylara karşı nasıl tepkiler üretileceğini belirleyebilen bilgisayar sistemleridir. İnsan beyninin fonksiyonel özelliklerine benzer şekilde öğrenme, ilişkilendirme, sınıflandırma, genelleme, özellik belirleme ve optimasyon gibi konularda başarılı bir şekilde uygulanmaktadırlar.



Şekil 5.2 Yapay sinir ağı modeli (a)

Teknik olarak yapay sinir ağlarının temel görevi, kendisine gösterilen bir giriş setine karşılık gelebilecek bir çıkış seti belirlemektir. Bunu gerçekleştirilebilmesi için ağın, ilgili olaya ilişkin hazırlanan örnekler ile eğitilerek varsayım yapabilecek yeteneğe kavuşturulmalıdır.

Yapay sinir ağlarının genel karakteristik özellikleri aşağıdaki gibidir;

1. Yapay Sinir Ağları' nın temel görevi kendisine gösterilen örnekleri baz alarak, bilgisayarların öğrenmesini sağlamak ve benzer olaylara ilişkin ilgili kararlar oluşturabilmelidir.
2. Yapay Sinir Ağları' nda bilgi ağ bağlantılarının sahip olduğu değerler ile ölçülmekte ve bu bağlantılarda saklanmaktadır. Bilgiler ağın üzerinde saklı olup ortaya çıkartılması ve yorumlanması zordur.
3. Yapay Sinir Ağları' nın güven içerisinde çalıştırılabilmesi için eğitilmeleri ve ortaya koydukları performanslarının test edilmesi gerekmektedir.
4. Yapay Sinir Ağları görülmemiş örnekler hakkında bilgi üretilebilir ve kendisine gösterilen örneklerden genellemeler yaparak görmediği örnekler hakkında bilgiler üretebilir.
5. Yapay Sinir Ağları' nın kendi kendini organize etme ve öğrenebilme yetenekleri vardır. İlişkilendirilen örnekler ile kendisine gösterilen yeni durumlara adapte

olabilmesi ve ortaya çıkabilecek yeni olayları öğrenebilmesi mümkün olmaktadır.

6. Yapay Sinir Ağları eksik bilgiler ışığında çalışabilmekte ve hatalara karşı toleranslı davranışlar göstermektedir.
7. Yapay Sinir Ağları, belirsiz, tam olmayan bilgileri işleyebilme yeteneğine sahiptir. Olayların kendisine öğretilmesinde sonra belirsizlikler altında, öğrendikleri olaylar ile ilgili ilişkileri kurarak kararlar verebilmektedirler.

5.8.1 Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme

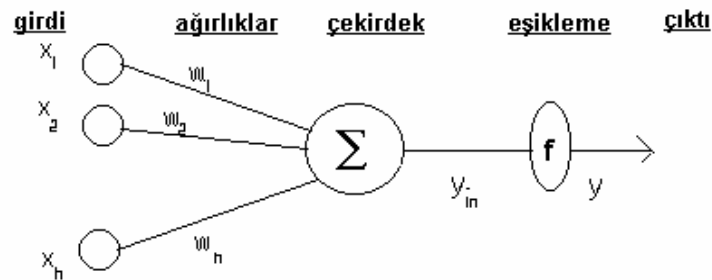
Yapay sinir ağlarında öğrenmenin ilk adımı aktivasyon olarak tanımlanabilir. Sinir hücresine iletilen giriş sinyallerin toplamının, ilgili sinir hücresini aktif edebilecek bir değere ulaştığı takdirde toplam sinyal hücreyi tetikleyebilecek eşik değerini atlatabilir konuma getirebiliyor ise; ilgili hücrenin aktif ($y=1$) aksi takdirde ise o hücrenin pasif ($y=0$) olduğu sonucuna varılabilir (Fausett,1994).

Yapay sinir ağ hücrelerinde, dışarıdan alınan her bir giriş sinyali ile her defasında ayarlanan ağırlıklar öğrenme işleminin gerçekleştiğinin belirtileridir. Ayarlanan ağırlık katsayıları, tüm giriş sinyallerini en iyi temsil etmeye çalışan ve tüm giriş sinyallerine olan uzaklıklarının toplamının minimum olduğu regresyon eğrisinin temsil edildiği geometrik şeklin en belirleyici noktalarını oluşturmaktadır.

$$y_{in} = \sum_{i=1}^p (x_i * w_i) \quad (5.1)$$

5.1 denkleminde görüldüğü şekilde x_i giriş sinyali kendisine ait olan katsayı ile çarpılarak toplam sinyale eklenmektedir. y_{in} şeklinde toplanan değer gizli katmanlar tarafından kullanılarak çıkış katmanına gönderilir. Çıkış katmanı gelen toplam sinyal değerini eşikleyerek çıkış değerini vermektedir.

$$y = f(y_{in}) \quad (5.2)$$



Şekil 5.3 Yapay sinir ağı modeli (b)

Yapay Sinir Ağ modellerinde temel olarak ele alınan üç tip fonksiyon bulunmaktadır.

1. Hard Limiter Fonksiyonu: Hard Limiter fonksiyonu, giriş sinyallerinin değerlerine göre ayrık (discrete) sonuçlar elde etmek için kullanılır. Giriş ya +1 sonucu ya da -1 sonucunu verir. Başka bir ihtimalin olması söz konusu değildir.
2. Threshold Fonksiyonu: Threshold fonksiyonu, Hard Limiter fonksiyonuna benzemek ile birlikte giriş sinyalinin toplam değerine belli bir eşik değerine kadar doğrusal (lineer) artan değerler ile cevap vermektedir. Üst limit değerine (eşik değer, threshold) ulaşıldığı anda cevap ayrık olarak kesinlik göstermektedir. Artan bir eğilim göstermez.
3. Sigmoid Fonksiyonu: Sigmoid fonksiyonu giriş sinyaline devam eden, süreklilik gösteren (continuos) cevaplar vermektedir. Cevaplar kesinlikle ayrık değildir. Bu nedenle Sigmoid fonksiyonu yaygın bir kullanıma sahiptir. Hassas değerlendirmelerin kullanılacağı problemler için uygulanması en uygun olan fonksiyonu temsil etmektedir.

$$w_{i,yeni}(t+1) = w_{i,eski}(t) + \mu * [d(t) - f(y_{in})] * x_i(t) \quad (5.3)$$

Eşikleme sonucu elde edilen cevap ile $f(y_{in})$ fonksiyonunun olması beklenen değer olan $d(t)$ arasındaki yanılma payı “ μ ” öğrenme katsayısı ile ve giriş sinyali ile çarpılıp, yeni ağırlığı belirlemek için eski ağırlık ile toplanır (Fausett,1994).

Öğrenme süreci iki ana prensip gözetimi altında gerçekleştirilmektedir;

1. Öğretmenli öğrenme (supervised learning),
2. Kendi kendine öğrenme (unsupervised learning)

Öğretmenli öğrenmede (Supervised learning), yapay sinir ağının dışarıdan etki ile eğitilmesi söz konusudur. Bu tip bir öğretimde girilen $x_i(t)$ değerlerinin nasıl bir çıkış vermesi gerektiği $d(t)$ önceden bilinmekte ve yapay sinir ağı ağırlıkları bu korelasyona göre güncellenmektedir. Bu öğretimde temel bilinen $d(t)$ ile yapay sinir ağının verdiği “ y ” sonucu arasındaki hatanın “ w_i ” ağırlıklarına öğretilmesidir.

Kendi kendine öğrenme (Self Unsupervised Learning) ise, yapay sinir ağının dışarıdan herhangi bir etki olmaksızın aldığı bilgileri kendi içerisinde kıyaslama yaparak sınıflandırması ile oluşan öğrenme sürecini belirtmektedir.

Yapay sinir ağları, temelde bu iki öğrenme metodundan ya birini ya da hibrid denilen karma modeli kullanır. Ancak öğrenmede “ w ” ile gösterilen ağırlıkların güncellenmesinin bu metotlara göre yapılması, öğrenme ile ilgili başka etkin rol oynayan etmenlerin var olmadığı anlamına gelmemektedir. “ μ ” ile sembolize edilmiş öğrenme katsayısı da öğrenmenin sürecini

etkileyen bir faktördür. “ μ ” öğrenme katsayısı öğrenmenin süresinin ve doğruluğunun ilişkisini düzenleyen önemli bir değişkendir. “ μ ” öğrenme değişkeninin değeri büyük alınırsa, öğrenme kaba ve kısa süreli, küçük alındığı takdirde ise, hassas ve uzun süreli olacaktır. Bu noktada “ μ ” değeri mümkün olduğunca optimum değerde tutulmalıdır, ne büyük ne de çok küçük alınmalıdır. Büyük alınan değer yüzünden istenilen sonuca ulaşılamayacak, çok küçük alındığı takdirde ise, istenilen hedefe çok düşük bir performans ile ulaşacaktır. Bunun için, yapay sinir ağlarının öğrenme algoritmalarında genellikle belli bir iterasyon (döngü sayısı) geçtikten sonra, “ μ ” değeri azaltılır. Böylelikle, başlangıçta algoritma büyük adımlar atarak hedefe doğru yönelir, belli bir süre sonra adımlarını küçültmeye başlar. Bu sayede algoritma hızlı bir biçimde sonuca, hassas bir yaklaşımla ulaşır. Bunun gerçekleştirilmesi için “ μ ” öğrenme değeri belli bir sabit katsayı ile çarpılmaktadır.

$$\mu = \mu * \text{Sabit} \quad (5.4)$$

Öğrenmenin başka bir kritik ögesi de, verilerin büyüklüğü ve iterasyon sayısıdır. Yapay sinir ağının çözüme ulaşabilmesi için, problemin karakteristiğini yakalayabilecek kadar giriş verisine sahip olunması gerekir. Kullanılacak olan veri popülasyonunun büyüklüğü her probleme göre değişik olabilir, bu nedenle yapay sinir ağlarının başarıya ulaşabilmesi için gereken iterasyon (döngü) sayısı her bir probleme göre değişebilir. Bu noktada iterasyon sayısı, problemden probleme ve problemin kendi içerisindeki hassasiyete göre değişebilecektir. Çok fazla döngü, performansı azaltıp sonuca ulaşmayı uzun bir zamana yayarken, az sayıda döngü de sonuca ulaşmayı engelleyecek kadar kaba sonuçlar üretmeye neden olabilecektir. Bu neden ile yapay sinir ağları, her bir problem için uygulanırken iterasyon sayısı deneme yanılma yöntemiyle tespit edilmeye çalışılır.

Öğrenmenin üzerinde etkin rol oynayan bir başka faktör ise, o yapay sinir ağı üzerinde kullanılan katman sayısıdır. Modelden modele katman sayısı değişiklik gösterse de, şu an yaygın olan görüşe göre üç katmandan oluşan bir yapay sinir ağı modelinin en karmaşık problemlere dahi yeterli olduğudur. Ancak bu bir kısıtlama da değildir, iki katmanlı ya da dört katmanlı yapay sinir ağı modelleri ile de problemler çözülemez anlamı içermemektedir. Bu üç katman sırasıyla giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı olarak adlandırılırlar.

Öğrenmede etkili olan bir diğer faktör ise, her katman üzerinde kullanılan sinir hücresinin sayısıdır. Her katmanda olması gereken hücre sayısı gibi sabit bir belirleme söz konusu olmayıp, aynı iterasyon sayısı gibi deneme yanılma yöntemiyle tespit edilmektedir. Çok sayıda yapay sinir hücresi, yapının karmaşık ve kompleks fonksiyonlarla çalışıp düşük performans sergilemesine, az sayıda olması ise problemin öğrenilmemesine neden olacaktır.

5.8.2 Yapay Sinir Ağlarında Sorgulama

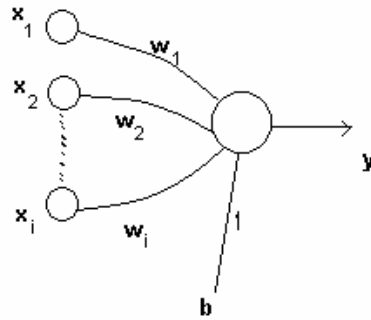
Yapay sinir ağı modellerinin temel iki işlevi vardır. Öğrenmek ve öğrendiğinin sorgulaması yapıldığında buna yanıt verebilmek. Dikkat edilmesi gereken nokta, yapay sinir ağı modellerine daha önce hiç öğrenmediği bir girişin sorgulanması ile, yapay sinir ağının bu girişi daha önce öğrendiği girişlerden birine benzeterek cevap vermeye çalışmasıdır.

Yapay sinir ağlarının sorgulanması çalışmalarında kullanılan çok basit teknikler vardır. Bu tekniklerden bazıları; Hamming Distance (HD), Euclidean Distance (ED), Partitioned Generalized Euclidean Distance (PGED) olarak adlandırılan uzaklık ölçüm teknikleridir. Girilen girişin, saklanan (öğrenilmiş) olan girişler ile matematiksel olarak uzaklıklarını bulmak için kullanılan bu teknikler sayesinde, bu girişlere en yakın olan öğrenilmiş giriş cevap olarak yapay sinir ağı tarafından dışarı verilmektedir.

5.8.3 Yapay Sinir Ağı Temel Modelleri

5.8.3.1 Hebb Net

Hebb Net yapay sinir ağı modeli, yapay sinir ağı modellerinin ilk bilinen tipidir. Öğrenme metodolojisinde Hebb kuralını kullandığı için bu adı almıştır. Hebb' in koymuş olduğu kural çok basittir; eğer iki hücre aynı aktivasyonu gösteriyor ise, arasındaki bağın kuvvetlenmesi gereklidir. Eğer ikisinin aktivasyonu farklı ise, aralarındaki bağ değişmez ya da azaltılmalıdır. Yapısı itibari ile ileri beslemeli olan bu model, tek katmanlı bir yapı ile oluşturulmuştur. Bu yapı, giriş hücreleri ve onların bağlı olduğu çıkış hücresinden ibarettir. Giriş hücrelerinin birbirleri arasındaki bağlantılar söz konusu değildir (Fausett,1994).



Şekil 5.4 Hebb Net modeli

Öğrenme süreci, hücreler arasındaki ilişkinin kuvvetlendirilip azaltılmasıyla sağlanmaktadır. “w” ağırlıkları bağlı olduğu iki hücrede aynı aktiflik değerinde ise artırılır, farklı ise azaltılır.

$$w_i(\text{yeni}) = w_i(\text{eski}) + x_i * y \quad (5.5)$$

“ $x_i * y$ ” ifadesinden yola çıkılarak bir hata ile karşılaşıldığıdır. Eğer binary (0,1) tipli katmanlar kullanılıyor ise, “ x_i ve y ”nin aktivasyonları zıtlık gösteriyor ise “ w_i ” de değişmeyecektir. Ancak “ x_i ” ve “ y ” ikisi birden pasif aktivasyonda (0,0) ise o zaman “ w_i ” yine değişmemektedir. Oysaki “ w_i ”nin kuvvetlendirilmesi gerekmektedir. Bu sebeple giriş katmanlarının bipolar (iki kutuplu) alınması Hebb Net için en doğru olan giriş katmanı veri tipi olacaktır.

Hebb Net Algoritması,

Adım 0: Tüm ağırlıkları başlangıç değerlerine ata.

$$w_i = 0 \quad i=1,2,3,\dots,n \quad (5.6)$$

Adım 1: Her bir giriş katmanı (s) ve o katmanın istenen sonucu (t) gereken değer ikilisi için

Adım 2 ve Adım 4 arasındaki adımları tekrarla.

Adım 2: Her bir giriş elemanını giriş katmanından al.

$$x_i = s_i \quad i=1,2,3,\dots,n \quad (5.7)$$

Adım 3: Çıkması gereken son değere ata.

$$y = t \quad (5.8)$$

Adım 4: Ağırlıkları ve denge unsurunu ayarla

$$w_i(\text{yeni}) = w_i(\text{eski}) + x_i * y \quad i=1,2,3,\dots,n \quad (5.9)$$

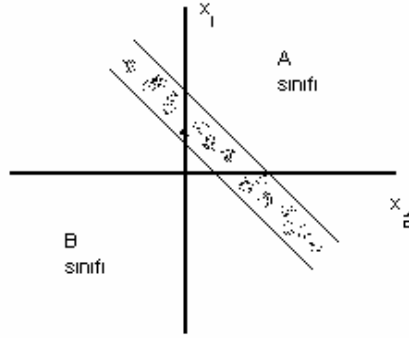
$$b(\text{yeni}) = b(\text{eski}) + y \quad (5.10)$$

Hebb Net yapay sinir ağ modelleri, sahip oldukları basit yapılarından dolayı basit sınıflandırma problemlerinde kullanılmaktadırlar.

5.8.3.2 Perceptron

Hebb Net modelinden sonra ortaya konulan Perceptron yapay sinir ağı modeli, bugünkü yapay sinir ağları için önemli bir temel oluşturmaktadır. Çünkü Hebb Net’ in öğrenme kavramının yerini eşikleme fonksiyonundan geçirilme kavramı gelmektedir. Bu model yardımı ile öğrenmede eşiklemenin rolü kabul edilmektedir. Perceptron modelinde en önemli faktör eşik değeridir. Saptanacak olan eşik değeri problemin karakteristiğine göre

belirlenebilir. Eşik değeri yardımı ile Perceptron yapay sinir ağı modeli, başarılı bir sınıflandırma yapabilmektedir. Hebb Net yapay sinir ağı modellerinde yer almayan bir kavram olan “kararsız (geçiş) bölge” diye adlandırılan çözüm bölgesini de önemseyen Perceptron yapay sinir ağı modeli, Hebb Net’ e göre sınıflandırmayı daha dikkatli yerine getirmektedir. Bilindiği gibi Hebb Net yapay sinir ağı modeli, çözüm uzayını iki parçaya bölmekte ve bölümlemeyi sağlayan doğrunun ya da düzlemin bir yanına A sınıfı (+1), diğer yanına B sınıfı (-1) şeklinde eşikleme yapmaktadır. Oysaki Perceptron, çözüm uzayını iki ayrı parçaya ayırmakla beraber, A ve B sınıfına ait özelliklerin karma şeklini üzerinde taşıyan nötr sahayı da öğrenebilme yeteneğine sahiptir. Perceptron yapısında kullanılan döngü (iterasyon) sayısının yükseltilmesi sonucunda çözüm için daha kararlı bir yapıya ulaşılmaktadır. Bu sayede A sınıfı ve B sınıfı daha net konumlandırılabilinecek, arada kalan nötr bölge (kararsız bölge) daha inceltilebilecektir.



Şekil 5.5 Perceptron modeli sınıflandırma karakteristiği

Perceptron yapay sinir ağı modelinin algoritması;

Adım 0: Tüm ağırlıklara başlangıç değeri ata.

$$w_i = 0, b = 0 \quad (5.11)$$

Öğrenme katsayısını küçük bir değerden başlat.

$$0 < \mu \leq 1 \quad (5.12)$$

Adım 1: Belli bir iterasyon sayısı kadar Adım2 ve Adım 6 arasındaki adımları tekrarla.

Adım 2: Her giriş katmanını katmanı (s) ve o katmanının sonucu (t) için Adım 3 ve Adım 5 arasını tekrarla

Adım 3: Giriş değerlerini giriş katmanından al.

$$x_i = s_i \quad (5.13)$$

Adım 4: Perceptrona gelen toplam sinyali hesapla.

$$y_{in} = b + \sum x_i * w_i \quad (5.14)$$

Aktivasyonu hesapla.

$$y = f(y_{in}) = 1 \text{ (eğer } y_{in} > \Phi \text{) ya da } 0 \text{ (eğer } -\Phi \leq y_{in} \leq \Phi \text{) ya da } -1 \text{ (} y_{in} < -\Phi \text{)} \quad (5.15)$$

Adım 5: Eğer hata varsa bu hatayı öğren buna göre ağırlıkları güncelle;

Eğer ($y \neq t$) ise

$$w_i(\text{yeni}) = w_i(\text{eski}) + \mu * t * x_i \quad (5.16)$$

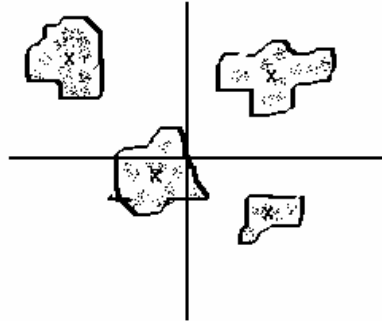
$$b(\text{yeni}) = b(\text{eski}) + \mu * t \quad (5.17)$$

Eğer ($y = t$) ise o zaman hata yoktur. Değişime gerek kalmamıştır.

Adım 6: Döngü sonunu kontrol et.

5.8.3.3 Khonen'in Self Organizing Feature Map (SOM) Modeli

Khonen' in sunduğu ileri beslemeli olan bu model (Kohonen T.1984) daha önceden sunulmayan ve sunulduğu andan itibaren büyük ilgi odağı haline gelen bir mimari olmuştur. Çünkü Kohonen beynin çalışma stilinin gerçekte bir “associative memory” yani “ilişkisel bellek” karakteristiğinde olduğunu vurgulamıştır. Kohonen bu teorisini iki tipte karşımıza çıkan ilişkisel bellek tipleriyle pekiştirmiştir; otomatik ilişkili (autoassociative), zıt ilişkili (heteroassociative). İlişkisel bellek tiplerinde temel yapı, iki nesneyi birbiriyle ilişkilendirerek öğrenmektir. Kohonen' in modeline dayanak olan bu iki tip ilişkisel bellek modeli, iki nesne arasındaki bağın kuvvetliliğinden yararlanmaktadır. Öğrenme algoritmaları ise “öğretmenli öğrenme” (supervised learning) temeline dayanmaktadır.



Şekil 5.6 Kohonen SOM Modeli

Khonen SOM yapay sinir ağ modelinin algoritması;

Adım 0: Ağırlıklara başlangıç değerlerinin rastgele küçük sayılarla atamasını yap.

$$0 < w_i < 1 \quad (5.18)$$

Öğrenme katsayısını da ata.

$$0 < \mu < 1 \quad (5.19)$$

Adım 1: Belli bir iterasyon sayısı kadar Adım2 ve Adım 8 arasındaki adımları tekrarla.

Adım 2: Her giriş katmanı için Adım 3 ve Adım 5 arasındaki adımları tekrarla.

Adım 3: Her bir cluster(j) için uzaklık hesapla.

$$\text{uzaklık}(j) = \sum (w_{ij} - x_i)^2 \quad (5.20)$$

Adım 4: minimum uzaklığa sahip olan j.cluster' i bul.

$$\text{index} = \min\{j, \text{uzaklık}(j)\} \quad (5.21)$$

Adım 5: index' in gösterdiği cluster' in ve komşularının ağırlıklarını güncelle.

$$w_{i,\text{index}}(\text{yeni}) = w_{i,\text{index}}(\text{eski}) + \mu * (x_{i,\text{index}} - w_{i,\text{index}}(\text{eski})) \quad (5.22)$$

Komşuları için ise “r” uzaklık katsayısı gözeterek güncelleme yap.

Adım 6: Öğrenme katsayısını hassaslaştır.

$$\mu = \mu * \text{sabit} \quad (5.23)$$

Adım 7: komşuluk derecesini azalt.

Adım 8: Kontrol et.

5.8.3.4 Backpropagation Net

Backpropagation Net modeli, yapay sinir ağları içerisinde hemen hemen her probleme rahatlıkla uyarlanabilir bir yapıyı oluşturmaktadır. Backpropagation geri beslemeli bir öğrenme mekanizması kullanır. Burada yapay sinir ağının yapısı ileri beslemeli olmasına karşın, hatanın geriye doğru vurmasından kaynaklanan bir öğrenme olduğu için geri besleme söz konusu edilmektedir. Backpropagation öğrenmede sürekli (continuous) girdi tipi kullanılır. Aktivasyon için ise türevi alınabilecek bir fonksiyonu işleme sokmaktadır. Genellikle sigmoid fonksiyonunu kullanan Backpropagation öğrenme fonksiyonu olarak da Delta kuralını kullanır.

$$w_{i,j} \text{ (new)} = w_{i,j} \text{ (old)} + (\mu * [t - f(y_{in})] * f' y_{in}) \quad (5.24)$$

Türevi alınabilinen bir fonksiyon kullanılması Backpropagation tipi bir yapay sinir ağı modeli için önem taşımaktadır. Çünkü türev bir eğri üzerinde değişim olarak tarif edilmektedir. Diğer bir deyiş ile hatanın minimize edilmesi demek, hatanın türevinin 0 olması anlamına gelmektedir. Bu yüzden Backpropagation hatanın türevini “ w_{ij} ” ağırlıkları üzerinde öğrenmekte, bu sayede hatalar her bir iterasyon (döngü) sonunda 0’a doğru yaklaşmaktadır. Backpropagation bu sebepten dolayı başarılı kullanım sahasına sahiptir.

Backpropagation mimarisi için kullanılan algoritma, ilk adımda “y” ler üzerinde oluşan hatayı gizli ve çıkış katmanı arasında yer alan “ $w_{p,m}$ ” ler üzerine yansıtılır. Ancak güncelleme hemen gerçekleştirilmez. “ $w_{p,m}$ ” lerin güncelleme yapılmamış olan hallerinde oluşan hatalar ise, giriş ve gizli katman arasında yer alan “ $v_{p,n}$ ” ler üzerine yansıtılır. “ $w_{p,m}$ ” ve “ $v_{p,n}$ ” ler aynı anda güncellenerek Backpropagation algoritmasının paralel bir yapı arz ederek öğrenmesi sağlanmaktadır. Bu paralel yapı sayesinde Backpropagation mimarisinin performansı diğer yapılara oranla daha yüksek olacaktır. Backpropagation algoritmasında kullanılan sigmoid fonksiyonu ve bu fonksiyonun türevi aşağıdaki denklemler ile ifade edilmiştir.

$$f_{\text{sigmoid}}(x) = (2 / (1 + \exp(-x))) - 1 \quad (5.25)$$

$$f'_{\text{sigmoid}}(x) = 1 / 2 * [1 + f_{\text{sigmoid}}(x)] * [1 - f_{\text{sigmoid}}(x)] \quad (5.26)$$

Backpropagation Algoritması aşağıdaki gibidir;

Adım 0: Ağırlıklara başlangıç değeri ata.

$$0 < w_{jk} < 1, 0 < v_{ij} < 1 \quad (5.27)$$

Adım 1: Enerji stabilize olana dek Adım 2 ile Adım 9 arasını tekrarla

Adım 2: Her bir giriş katmanının (s) ve ona ait olan çıkış değeri (t) için Adım 3 ve Adım 8 arasını tekrarla.

Adım 3: Giriş sinyalini al ve üst katmana ilet.

$$x_i = s_i \quad (5.28)$$

Adım 4: Her bir gizli katman için toplam sinyalleri hesapla.

$$z_{in,j} = \sum x_i * v_{ij}$$

Her bir gizli katman için çıkış değeri hesapla.

$$z_j = f_{\text{sigmoid}}(z_{in,j}) \quad (5.29)$$

Adım 5: Her bir çıkış katmanı için toplam sinyalleri hesapla.

$$y_{in_k} = \sum z_j * w_{jk} \quad (5.30)$$

Her bir çıkış hücresinin çıkış değerini hesapla.

$$y_k = f_{\text{sigmoid}}(y_{in_k}) \quad (5.31)$$

Adım 6: Çıkış katmanında oluşan hatayı hesapla

$$\delta_k = (t_k - y_k) * f'_{\text{sigmoid}}(y_{in_k}) \quad (5.32)$$

Çıkış-gizli katmanları arası yapılacak ağırlık değişimini bul.

$$\Delta w_{jk} = \mu * \delta_k * z_j$$

Adım 7: Her bir saklı katman üzerindeki hatayı hesapla

$$\delta_{in_j} = \sum \delta_k * w_{jk} \quad (5.33)$$

Giriş katmanına yansıtılacak hatayı hesapla

$$\delta_j = \delta_{in_j} * f'_{\text{sigmoid}}(z_{in_j}) \quad (5.34)$$

Giriş-gizli katmanları arası yapılacak ağırlık değişimini bul

$$\Delta v_{ij} = \mu * \delta_j * x_i \quad (5.35)$$

Adım 8: Şimdi tüm ağırlıkları aynı anda güncelle.

$$w_{jk}(\text{yeni}) = w_{jk}(\text{eski}) + \Delta w_{jk} \quad (5.36)$$

$$v_{ij}(\text{yeni}) = v_{ij}(\text{eski}) + \Delta v_{ij} \quad (5.37)$$

Adım 9: İterasyonu kontrol et ve sonlandır.

5.8.3.5 Hopfield Yapay Sinir Ağı Modeli

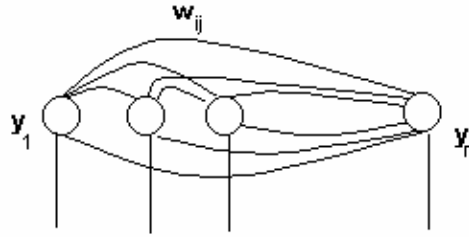
Yapay sinir ağlarının en karma modelini teşkil eden Hopfield yapay sinir ağı “recurrent” ya da “recursive” yani tekrar beslemeli bir yapıya sahiptir. Bu özelliği ile Hopfield modeli diğer yapay sinir ağı modellerinden ayrılmaktadır. Tekrar besleme kabiliyeti sayesinde giriş sinyali Hopfield mimarisine verildiğinde, mimari işleme bir başlangıç enerjisi ile baslar. Bu başlangıç konumundan itibaren yapı, giriş katmanını sinyalini bir başka giriş katmanına doğru yönlendirmeye başlar.

Bu yönlendirme sürecinde girdi örüntüsünde yapılan her ufak değişimin ardından enerji tekrar tekrar hesaplanarak giriş katmanının morfolojik dönüşümünün kontrolü sağlanır. Giriş katmanlarının bir başka öğrenilmiş olan giriş katmanına benzetilme işlemi (morfolojisi),

enerji stabilize olana dek sürer. Enerji stabilizasyonu ise enerjinin minimuma ulaştığı ve değişmediği yerdir.

Giriş katmanının tekrar besleme yardımıyla enerjisini düşüre düşüre yerel minimuma ulaşması olayına “convergence” denir. “Convergence” pozisyonunda olan giriş katmanının morfolojik haline ise “converged vector” adı verilir.

Mimari olarak Hopfield tek katmanlı bir yapıya sahiptir. Bu tek katman hem giriş hem de çıkış katmanı olarak görev yapar. Simetrik olarak tüm sinir hücreleri birbirine bağlanmıştır. Sadece hücrelerin kendi üzerlerine bağlantıları mevcut değildir.



Şekil 5.7 Hopfield modeli

Hopfield modelinin öğrenme sürecinde kullandığı kural en basit kural olarak bilinen Hebb kuralıdır. Ağırlıkların öğrenilmesi iki sinir hücresi arasında ki değerlerin aynı olup olmadığına bağlıdır. Girdi örüntülerinde binary (ikili) değerlerden ziyade bipolar (iki kutuplu) değerlerin kullanılması daha doğru olan yaklaşımdır.

6. HVAC SİSTEMİNİN MODELİ

HVAC Sistem modeli için ele alınan bölgenin sıcaklığı (T_z) iç duvar sıcaklığı (T_{wi}) ve bölgenin rutubet oranı (W_z) olarak adlandırılmıştır. Bulunulan bölgenin homojen karışıma sahip olduğu düşünülmüştür. Bu yüzden de sıcaklık bölgeye düzenli ve her tarafı dolduracak şekilde dağıtılmalıdır. Aynı zamanda kuzey duvarının etkisinin güney duvar ile aynı, doğu duvarının etkisinin de batı duvarı ile aynı olduğu farz edilmiştir. Bölgedeki toprağın sıcaklık etkisi dikkate alınmamıştır. Bölgedeki sıcaklığa ve rutubete etkisi yoktur. Havanın yoğunluğu sabittir. İnsanlar, lambalar ve aşırı hava şartları gibi etkenler kontrol dışı girişler olarak belirlenmiştir. Bu şartlar altında enerji ve kütle dengesi eşitliği aşağıdaki şekildedir.

$$C_z \frac{dT_z}{dt} = f_s \rho_a C_p a (T_{sa} - T_z) + 2U_{wi} A_{wi} (T_{wi} - T_z) + U_r A_r (T_r - T_z) + 2U_{wii} A_{wii} (T_{wii} - T_z) + q(t)$$

$$C_{w1} \frac{dT_{wi}}{dt} = U_{wi} A_{wi} (T_z - T_{wi}) + U_{wi} A_{wi} (T_o - T_{wi}) \quad (6.2)$$

$$C_{wii} \frac{dT_{wii}}{dt} = U_{wii} A_{wii} (T_z - T_{wii}) + U_{wii} A_{wii} (T_o - T_{wii}) \quad (6.3)$$

$$C_r \frac{dT_r}{dt} = U_r A_r (T_z - T_{wii}) + 2U_r A_r (T_o - T_r) \quad (6.4)$$

$$V_z \frac{dW_z}{dt} = f_{sa}(W_{sa} - W_z) + \frac{\rho(t)}{\rho} \quad (6.5)$$

C_r : Çatının toplam ısı kapasitesi (80kJ/°C)

C_{wi} : Doğu, Batı duvarın toplam ısı kapasitesi (Doğu, Batı) (70kJ/°C)

C_{wii} : Kuzey, Güney duvarın toplam ısı kapasitesi (60kJ/°C)

C_z : Bölgenin toplam ısı kapasitesi (47,1kJ/°C)

A_r : Çatının alanı (9m²)

A_{wi} : Doğu, Batı duvarın alanı (12m²)

A_{wii} : Kuzy, Güney duvarın alanı (12m²)

T_{sa} : Hava kaynağı sıcaklığı (°C)

U_{wi} : Doğu, Batı duvarın ısı transfer sabiti (2W/m²°C)

U_{w2} : Duvarın ısı transfer sabiti (Güney, Kuzey) (2W/m²°C)

U_r : Çatı ısı transfer sabiti (1W/m²°C)

C_{pa} : Havanın ısı özelliği = (1.005kJ/kg 8°C)

W_{sa} : Havadaki rutubet oranı kg/kg

W_z : Bölgenin rutubet oranı kg/kg

ρ_a : Havanın yoğunluğu (1.25kg/m³)

f_{sa} : Hava kaynağının akış miktarı oranı (0.192m³/s)

$P(t)$: Sabit buharlaşma hızı (0.08kg/h)

$q(t)$: Lamba ve sızan ışıklardan gelen ısı kazancı (W)

T_z : Bölge sıcaklığı (°C)

T_r : Havanın sıcaklığı (°C)

T_{wi} : Doğu, Batı duvar sıcaklığı (°C)

T_{wii} : Kuzey, Güney duvar sıcaklığı (°C)

V_z : Bölge hacmi (36m³)

İlgili model bölgeye ilişkin ölçülen değerler HVAC Sistem bölge modeline uyarlandığında şu sonuçlar elde edilir.

$$47,1 \frac{dTz}{dt} = 0.192 * 1.25 * 1.005(Tsa - Tz) + 2 * 2 * 9(Twi - Tz) + 1 * 9(Tr - Tz) + 2 * 2 * 12(Twii - Tz) + 0.65$$

$$70 \frac{dTwi}{dt} = 2 * 9(Tz - Twi) + 2 * 9(To - Twi) \quad (6.7)$$

$$60 \frac{dT_{wii}}{dt} = 2 * 12(Tz - Twii) + 2 * 12(To - Twii) \quad (6.8)$$

$$80 \frac{dTr}{dt} = 1 * 9(Tz - Twii) + 2 * 1 * 9(To - Tr) \quad (6.9)$$

$$36 \frac{dWz}{dt} = 0.192(Wsa - Wz) + 0.0000017778 \quad (6.10)$$

Sisteme ilişkin elde edilen matematiksel modele yapay sinir ağları kontrol yöntemleri uygulandığında aşağıdaki denklemler elde edilir.

$$47,1 \frac{dTz}{dt} = 241,2(Tsa - Tz) + 36(Twi - Tz) + 9(Tr - Tz) + 48(Twii - Tz) + 0.65 \quad (6.11)$$

$$75 \frac{dTwi}{dt} = 18(Tz - Twi) + 18(To - Twi) \quad (6.12)$$

$$60 \frac{dT_{wii}}{dt} = 24(Tz - Twii) + 24(To - Twii) \quad (6.13)$$

$$80 \frac{dTr}{dt} = 9(Tz - Twii) + 9(To - Tr) \quad (6.14)$$

$$36 \frac{dWz}{dt} = 0.192(Wsa - Wz) + 0.0000017778 \quad (6.15)$$

Sisteme ilişkin değerler Matlab programında yerine yazıldığında;

```
clear all;
close all;
format long;
```

```
A=[-0.0062424 0.00096 0.00384 0.00048 0;
    0.00032 -0.00064 0 0 0;
    0.00048 0 -0.00096 0 0;
    0.00015 0 0.0012 -0.00015 0;
    0 0 0 0 -0.0053];
```

```
B=[0.0013 0;
    0 0;
    0 0;
    0 0;
    0 0.0049];
```

```

xx=[42;
    0;
    0;
    0;
    0.02];

h=0.1;

u=[1;
    0.01];
K=2;
J=4;
I=2;
Tzref=21;
Wzref=0.05;

wi=rand(K,J);
wj=rand(K,J,I);
wk=rand(K,J,I);

wii=0.1;
wjj=0.01;
wkk=0.01;

am1=Tzref+200;
am2=Wzref+60;
km1=Tzref+200;
km2=Wzref+60;

for kk=1:10000;
    time(kk)=h*kk;
    Tzreff(kk)=Tzref;
    Wzreff(kk)=Wzref;
    xx=[xx(1);
        xx(2);
        xx(3);
        xx(4);
        xx(5)];
    dx=A*xx+B*u;
    dx1(kk)=dx(1);
    dx2(kk)=dx(2);
    dx3(kk)=dx(3);
    dx4(kk)=dx(4);
    dx5(kk)=dx(5);

    xx(1)=xx(1)+dx1(kk)*h;
    xx(2)=xx(2)+dx2(kk)*h;
    xx(3)=xx(3)+dx3(kk)*h;
    xx(4)=xx(4)+dx4(kk)*h;
    xx(5)=xx(5)+dx5(kk)*h;

```

```

x1(kk)=xx(1);
x2(kk)=xx(2);
x3(kk)=xx(3);
x4(kk)=xx(4);
x5(kk)=xx(5);
time(kk)=kk*h;

out1(kk)=xx(1);
out2(kk)=xx(5);

x(1)=xx(1);
x(2)=xx(5);

for k=1:K;
    for j=1:J
        ykj=1;

    for i=1:I
        ykj=ykj*exp(-((x(i)-wj(k,j,i)))/(wk(k,j,i))));
    end;
    y(k,j)=ykj;
    end;
    end;

    k=0;
    j=0;
    for k=1:K
        ok=0;
        for j=1:J
            ok=ok+wi(k,j)*y(k,j);
        end;
        o(k)=ok;
    end;

    u=[o(1);o(2)]+[km1*Tzref;km2*Wzref]-[am1*(x(1));am2*(x(2))];
    uu(kk)=u(1);
    uu1(kk)=u(2);

    d(1)=Tzref;
    d(2)=Wzref;
    i=0;
    j=0;
    k=0;
    for k=1:K
        for j=1:J
            for i=1:I
                wjnew(k,j,i)=wj(k,j,i)+wj*(d(k)-o(k))*wi(k,j)*y(k,j);
                wknew(k,j,i)=wk(k,j,i)+wk*(d(k)-o(k))*wk(k,j)*y(k,j);
            end;
        end;
    end;
    end;
    end;

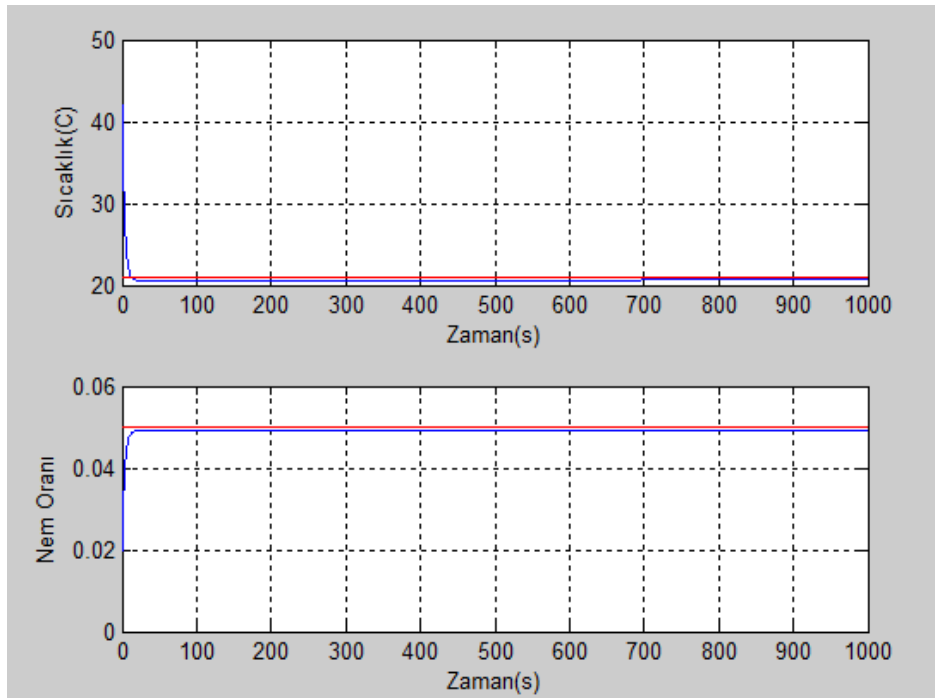
```

```

w2=wjnew;
w3=wknew;
j=0;
k=0;
for k=1:K
    for j=1:J
        wi(k,j)=wi(k,j)+wii*(d(k)-o(k))*y(k,j);
    end;
end;
end;
subplot(2,1,1)
plot(time,out1);
hold on
subplot(2,1,1)
plot(time,Tzreff,'r');
grid on
xlabel('Zaman(s)')
ylabel('Sıcaklık(C)')
hold off
subplot(2,1,2)
plot(time,out2)
hold on
subplot(2,1,2)
plot(time,Wzreff,'r');
grid on
xlabel('Zaman(s)')
ylabel('Nem Oranı')

```

HVAC Sistem cevabı Şekil 5.8’ deki gibi gerçekleşir;



Şekil 5.8 HVAC sistem cevabı

7. SONUÇLAR

Bina içerisindeki sıcaklığın optimum koşullarda tutulması ile temiz hava akışının kontrolünü sağlayarak sürekli bir konfor ortamı sağlayan ve aynı zamanda da yüksek oranda enerji tasarrufu sağlayan ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin bölgesel matematik modeli üzerinde gerçekleştirilen örneklemede yapay sinir ağları denetimi ile istenilen referans değerlerine optimum süre ve optimum şartlarda ulaşıldığı sonucuna varılmıştır.

Yapay sinir ağları ile denetlenen HVAC modelinde giriş değerleri, kendilerine ait olan ağırlık katsayı ile çarpılarak toplam sinyale eklenmektedir. Toplanan değerler, gizli katmanlar tarafından kullanılarak çıkış katmanına gönderilir. Çıkış katmanı gelen toplam sinyal değerini eşikleyerek çıkış değerini vermektedir.

Öğrenme katsayısı, öğrenmenin süresinin ve doğruluğunun ilişkisini düzenleyen önemli bir değişkendir. Öğrenme değişkeninin değerinin büyük alındığında, öğrenmenin kaba ve kısa süreli, küçük alındığında ise, hassas ve uzun süreli olduğu gözlenmiştir. Bu noktada bu değer, mümkün olduğunca optimum değerde tutulmalıdır, ne büyük ne de çok küçük alınmalıdır. Bunun için, öğrenme algoritmasında belli bir iterasyon (döngü sayısı) uygulanmıştır.

Öğrenmenin başka bir kritik ögesinin de, verilerin büyüklük ve iterasyon sayısının olduğu deneme yanılma yöntemi ile görülmüştür. Yapay sinir ağının çözüme ulaşabilmesi için, problemin karakteristiğini yakalayabilecek kadar giriş verisine sahip olunması gerekmektedir. Kullanılacak olan veri popülasyonun büyüklüğünün, her probleme göre değişebileceği, çok fazla döngünün performansı azaltıp sonuca ulaşmayı uzun bir zamana yaydığı, az sayıda döngünün de sonuca ulaşmayı engellediği görülmüştür.

Öğrenmenin üzerinde etkin rol oynayan bir başka faktör ise, o yapay sinir ağı üzerinde kullanılan katman sayısıdır. Modelden modele katman sayısı değişiklik gösterse de üç katmandan oluşan bir yapay sinir ağı modelinin en karmaşık problemlerin çözümünde yeterli görülmüştür.

Öğrenmede etkili olan bir diğer faktör ise, her katman üzerinde kullanılan sinir hücresinin sayısıdır. Her katmanda olması gereken hücre sayısı gibi sabit bir belirleme söz konusu olmayıp aynı iterasyon sayısı gibi bu da deneme yanılma yöntemiyle tespit edilmektedir.

KAYNAKLAR

- ENDAR, B., (2007), Bina Otomasyon Sistemleri, Bitirme Projesi, YTÜ Elektrik Mühendisliği
- FAUSETT, L., (1994), Fundamentals of Neural Networks, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- GÖĞÜŞEN, D., (2001), Bina Otomasyonu, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- İNAN, C., (1998), Bina Otomasyonun Tasarımı, Ölçümü, Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- ŞAHİN, E., (2002), Ev ve Bina Otomasyonu, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- ŞENGİRGİN, M., (2003), “Isıtma, Havalandırma ve Klima Sistemlerinde Denetimin Dünü ve Bugünü” Türk Tesisat Mühendisleri Dergisi, Sayı 23
- ÜNAL, K., (1995), Bir Ortamın Isıtma, Havalandırma ve Aydınlatmasının ST62 mikrokontrolörü ile kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü
- YAKUT, A., KORU, M. ve ŞENCAN, A., (2002), “HVAC Sistemlerinde Kontrol Yöntemleri ve Enerji Tasarrufu” TMMOB Makine Mühendisleri Odası Tesisat Mühendisliği Dergisi, Sayı: 68

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi	21.05.1985	
Doğum Yeri	Kırklareli	
Lise	1996-2003	Kırklareli Anadolu Lisesi
Lisans	2003-2007	Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği

Çalıştığı Kurumlar

2008-	EEC Entegre Bina Kontrol Sistemleri ve A.Ş.
-------	---