

**PELTİER ELEMANLARLA HİPOTERMİYA UYGULAMASINDA
SICAKLIK KONTROLÜ VE YAPAY SINIR AĞLARI İLE
MODELLENMESİ**

Hüseyin DEMİREL

**DOKTORA TEZİ
ELEKTRONİK-BİLGİSAYAR EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

**Nisan 2010
ANKARA**

Hüseyin DEMİREL tarafından hazırlanan PELTİER ELEMANLARLA HİPOTERMİYA UYGULAMASINDA SICAKLIK KONTROLÜ VE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE MODELLENMESİ isimli bu tezin doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. H. Haldun GÖKTAŞ
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek lisans/Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. İsmail ERTÜRK

Üye : Yrd. Doç. Dr. H. Haldun GÖKTAŞ

Üye : Yrd. Doç. Dr. M. Rahmi CANAL

Üye : Yrd. Doç. Dr. Timur AYDEMİR

Üye : Yrd. Doç. Dr. Raif BAYIR

Tarih : 22 / 04 / 2010

Bu tez, Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Hüseyin DEMİREL

**PELTİER ELEMANLARLA HİPOTERMİYA UYGULAMASINDA SICAKLIK
KONTROLÜ VE YAPAY SİNİR AĞLARI İLE MODELLENMESİ
(Doktora Tezi)**

Hüseyin DEMİREL

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ
Nisan 2010**

ÖZET

Bu çalışmada, ratlar için mikrodenetleyici denetimli hipotermiya sistemi tasarlanmıştır ve gerçekleştirilmiştir. Sistemin parametreleri test edilmiştir. Deneysel çalışmalarla ratların beyin, rektum, sağ ve sol kulak sıcaklıkları ölçülerek aralarındaki korelasyon tespit edilmiştir. Bu ilişki yapay sinir ağları ile modellenmiştir. Modelleme sonucunda beyin ile diğer bölgeler sıcaklıkları arasında çok yakın bir ilişki tespit edilmiştir. Deneysel sistem, güç kaynağı, mikrodenetleyici tabanlı sıcaklık kontrolü ve soğutma sistemli peltier eleman olmak üzere üç temel bloktan oluşmaktadır. Gerçekleştirilen bu sistem, hipotermiyanın tıpta tedavi amaçlı olarak birçok yerde kullanılmaktadır. Bu nedenle denemeler öncelikle ratlar üzerinde yapılmıştır. Elde edilen pozitif sonuçlar doğrultusunda insanlar üzerinde beyin travmalarında, kan kayıplarında, bazı ameliyatlarda ve aşırı yüksek vücut sıcaklığının düşürülmesinde rahatlıkla güvenli bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Bilim Kodu : 704.3.013
Anahtar Kelimeler : Hipotermiya, Peltier eleman, Sıcaklık kontrolü, Yapay sinir ağları
Sayfa Adedi : 97
Danışman : Yrd. Doç. Dr. H. Haldun GÖKTAŞ

**TEMPERATURE CONTROL USING PELTIER DEVICES IN
HYPOTHERMIA TREATMENT AND ITS MODELLING IN ARTIFICIAL
NEURAL NETWORKS
(Ph. D. Thesis)**

Hüseyin DEMİREL

GAZI UNIVERSITY INFORMATICS INSTITUTE

April 2010

ABSTRACT

In this study, a microcontroller based temperature controlled hypothermia system is designed and devised. The parameters of the system are tested. Then, the right ear, left ear, rectum, and brain temperatures of a rat are measured with an experimental setup in order to determine the correlation between brain and other temperatures. This correlation is modeled using neural networks. As a result of modeling, close correlation between brain and other regions temperatures has been determined. Experimental setup consist of, a power supply, a microcontroller based temperature controller, and a peltier cooler. The practical system is tested firstly on rats in order to prove its medical usefulness. The positive results show that this system can be safely used on humans in the cases of brain injury, bleeding and some surgical operations that need a lower body temperature.

Science Code : 704.3.013

**Key Words : Hypothermia, Peltier element, Temperature control,
Artificial neural network**

Page Number : 97

Adviser : Assist. Prof. Dr. H. Haldun GÖKTAŞ

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren, karşılaőtığım zorluklarda hep yanımda olan Yrd. Doç. Dr. H. Haldun GÖKTAŞ'a, diğer hocalarıma, arkadaşlarıma ayrıca beni özveri ile destekleyen ve manevi yardımını eksik etmeyen eőim Banu'ya, çocuklarım Eda Nur, Nazlı ve Zehra'ya teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xi
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ	1
2. TEMEL KAVRAMLAR	4
2.1. Hipotermiya ve Hipotermiyanın Tedavi Amaçlı Kullanılması	4
2.2. Yapay Sinir Ağları ve Algoritmaları	6
2.2.1. Yapay sinir ağlarından en çok kullanılan modeller	6
2.2.2. Yapay sinir ağlarının genel özellikleri	7
2.2.3. Yapay sinir ağlarının uygulama alanları.....	12
2.2.4. Yapay sinir ağlarının yapılarına göre sınıflandırılması	13
2.2.5. Yapay sinir ağının öğrenme algoritmalarına göre sınıflandırılması	15
2.2.6. Yapay sinir ağlarının eğitilmesi.....	17
2.2.7. İleri beslemeli sinir ağının hata geriye yayma yöntemi ile eğitilmesi	21
2.2.8. Levenberg Marquadt Algoritması.....	26

Sayfa

3. SICAKLIK KONTROLLÜ HİPOTERMİYA SİSTEMİNİN TASARLANMASI, GERÇEKLEŞTİRİLMESİ VE PERFORMANS ANALİZLERİ.....	28
3.1. Güç Kaynağı Ünitesi.....	30
3.1.1. 12V Güç kaynağının regülasyon eğrisi ve yüzdesi	30
3.1.2. 12V Güç kaynağının ripple eğrisi ve yüzdesi.....	31
3.1.3. $\pm 5V$ Güç kaynağının regülasyon eğrisi ve yüzdesi	32
3.1.4. $\pm 5V$ Güç kaynağının regülasyon eğrisi ve yüzdesi	34
3.2. Termoelektrik Soğutma / Isıtma Ünitesi.....	36
3.2.1. Termoelektrik modülün parametre değerlerinin bulunması.....	38
3.3. Sıcaklık Kontrol Ünitesi.....	41
3.3.1. Termokupl ve termokupl giriş yükseltici.....	44
3.3.2. Yükselteç devresi	48
3.3.3. A/ D dönüştürücü.....	50
3.3.4. Mikrodenetleyici ünitesi	51
3.3.5. Darbe genişlik modülasyonu (PWM) kontrolü.....	54
3.4. Kontrol Menüleri	57
3.4.1. Ana menü	57
3.4.2. Kayıt listesi menüsü.....	59
3.4.3. Kayıtların silindiği menü.....	60
3.4.4. Zamanlı test menüsü	61
3.4.5. Kalibrasyon menüsü	62
3.4.6. Ayarlar menüsü	63
4. RATLARDA REKTUM, SAĞ KULAK, SOL KULAK VE BEYİN SICAKLIKLARININ YAPAY SİNİR AĞLARI İLE BELİRLENMESİ.....	64

	Sayfa
4.1. Hipotermiya Öncesi Sıcaklık İlişkileri	64
4.2. Sistemde Kullanılan Yapay Sinir Ağları	67
4.3. Hipotermiya Sırasında Sıcaklık İlişkileri ve YSA ile Modellenmesi	71
4.3.1. Rektum, sağ ve sol kulak sıcaklıklarının yardımı ile beyin sıcaklığının belirlenmesi.....	71
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	80
KAYNAKLAR	82
EKLER.....	89
EK-1. Hipotermiya Sırasında Ölçülen Sıcaklık Değerleri	90
EK-2. Kontrol Programının Algoritması Ve Aşamaları.....	91
ÖZGEÇMİŞ.....	95

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Termoelektrik test sistemi çalıştırıldıktan sonraki değerler.....	41
Çizelge 4.1. Ratlarda hipotermiya öncesi sıcaklık değerleri.....	65

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Biyolojik sinir hücresi ve bileşenleri	9
Şekil 2.2. Temel yapay sinir ağı hücresi.....	10
Şekil 2.3. Aktivasyon fonksiyonları.....	11
Şekil 2.4. İleri beslemeli ağ yapısı için blok diyagram	14
Şekil 2.5. Geri beslemeli ağ yapısı.....	15
Şekil 2.6. Danışmanlı öğrenme yapısı	16
Şekil 2.7. Danışmansız öğrenme yapısı.....	16
Şekil 2.5. Takviyeli öğrenme yapısı.....	17
Şekil 2.9. Öğrenmenin hata uzayında gösterimi.....	20
Şekil 2.10. Ağın öğrenme eğrisi	21
Şekil 2.11. İleri beslemeli çok katmanlı sinir ağı.....	22
Şekil 2.12. Ağ içindeki katmanlar ve nöronların sıralanması	23
Şekil 2.13. Çıkış katmanından hatanın geriye yayılması.....	24
Şekil 2.14. Gizli katmanlar boyuca hatanın yayılımı.....	24
Şekil 3.1. Sıcaklık kontrollü hipotermiya sisteminin blok diyagramı.....	28
Şekil 3.2. 12V Güç kaynağının regülasyon eğrisi.....	30
Şekil 3.3. 12V'luk güç kaynağı çıkışının ripple eğrisi.....	31
Şekil 3.4. +5V 0 - 5V Simetrik güç kaynağı	32
Şekil 3.5. 7805 çıkışının regülasyon eğrisi.....	33
Şekil 3.6. 7905 çıkışının regülasyon eğrisi	34
Şekil 3.7. 7805 regülatör entegresi çıkışındaki ölçülen ripple eğrisi	35

Şekil	Sayfa
Şekil 3.8. 7905 regülatör entegrasi çıkışındaki ölçülen ripple eğrisi	35
Şekil 3.9. Termoelektrik soğutma/ısıtma modülü blok diyagramı	36
Şekil 3.10. Termoelektrik modülün yapısı	37
Şekil 3.11. Termoelektrik modüle uygulanan akıma göre soğuyan yüzey sıcaklık değerleri	39
Şekil 3.12. Akım değerine karşılık sıcak taraf sıcaklıkları	40
Şekil 3.13. Vmax gerilimine karşılık soğuk taraf ve sıcak taraf sıcaklıkları	41
Şekil 3.14. Mikrodenetleyicili sıcaklık kontrolü ünitesinin blok diyagramı	42
Şekil 3.15. K tipi termokuplun yapısı	45
Şekil 3.16. K tipi termokupl'da sıcaklık - gerilim ilişkisi.....	45
Şekil 3.17. Termokupl çıkış yükselteci	47
Şekil 3.18. Termokupl çıkış yükselteci devresinin sıcaklık gerilim ilişkisi	47
Şekil 3.19. Yükselteç devresi	48
Şekil 3.20. A/D Dönüştürücü devresi	50
Şekil 3.21. Mikrodenetleyici devresi	52
Şekil 3.22. H-Köprü ile peltier elemanın kontrolü	55
Şekil 3.23. Atmel ATmega128'de PWM sinyalinin elde edilmesini gösteren zamanlama diyagramı.....	56
Şekil 3.24. Ana menü ekranı	57
Şekil 3.25. Kayıt listesi menüsü	59
Şekil 3.26. Kaydedilen sıcaklıkların silindiği menü.	60
Şekil 3.27. Zamanlı test menüsü.....	61

Şekil	Sayfa
Şekil 3.28. Kalibrasyon menüsü.....	62
Şekil 3.29. Ayarlar menüsü	63
Şekil 4.1. Beyin, rektum, sağ ve sol kulak sıcaklıklarının ölçülmesi	65
Şekil 4.2. Hipotermiya öncesinde ratların sıcaklık ilişkileri	66
Şekil 4.3. Çok katmanlı ileri beslemeli ağ.....	69
Şekil 4.4. Tasarlanan sinir ağının mimarisi	69
Şekil 4.5. NNtool grafik arabiriminde yapay sinir ağının oluşturulması.....	73
Şekil 4.6. Yapay sinir ağı yapısının Matlab NNtool Grafik arabirimi altındaki görünümü	74
Şekil 4.7 Yapay sinir ağlarının eğitim parameterleri	74
Şekil 4.8 Yapay sinir ağlarının eğitim performansı	75
Şekil 4.9. Yapay sinir ağına dayalı modelden elde edilen rektum-beyin sıcaklığını veren grafik	76
Şekil 4.10. 36 adet gerçek veri noktasına karşı yapay sinir ağının sağladığı beyin sıcaklıklarının karşılaştırması	76
Şekil 4.11. Yapay sinir ağına dayalı modelden elde edilen sol kulak-beyin sıcaklığını veren grafik	77
Şekil 4.12. Yapay sinir ağına dayalı modelden elde edilen sağ kulak-beyin sıcaklığını veren grafik	78

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 3.1. Deney sisteminin genel görüntüsü	29
Resim 3.2. Termoelektrik modülün görüntüsü	38
Resim 3.3. Sıcaklık kontrol ünitesi	44
Resim 3.4. Mikrodenetleyicili sıcaklık kontrolü ünitesi.....	53
Resim 3.5. LCM gösterge	54
Resim 4.1. Deneyin yapıldığı ortam	65

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
α	Yarıiletkenin Seebeck katsayısı
ΔE	Potansiyel Farkı
Δt	Sıcaklık Farkı
Q_j	Toplam Joule ısı yükü
Q_{so}	Soğuyan yüzeyden emilen ısı yük miktarı
Q_{si}	Isınan yüzeye aktarılan ısı yük miktarı
Q_p	Peltier ısısı
Q_T	Thomson ısısı
π	Peltier katsayısı
Ω	Ohm
τ	Thomson Katsayısı
A	Amper
E	Elektromotor kuvveti (emk)
K	Kelvin
T_b	Beyin Sıcaklığı
T_{k1}	Sağ Kulak Sıcaklığı
T_{k2}	Sol Kulak Sıcaklığı
T_r	Rektum Sıcaklığı
T_{si}	Isınan yüzey sıcaklığı
T_{so}	Soğuk yüzey sıcaklığı
V_o	Çıkış Gerilimi
V_r	Ripple gerilimi
V_{DC}	DC gerilim
V_{ref}	Referans Gerilimi

W	Watt
Z	Yarıiletkenin kalite katsayısı

Kısaltmalar	Açıklama
AD	Analog Devices
ADC	Analog sayısal dönüştürücü
ANSI	American National Institute Of Standarts
AVR	Atmel Versatile Risc
CMOS	Complementary MOSFET
CMRR	Common Mode Rejection Ratio
COP	Soğutma performansı (Coefficient of performance)
DGM	Darbe Genişlik Modülatörü
EMK	Elektro Motor Kuvveti
FIR	Finite Impulse Response
I/O	Giriş/Çıkış
LCD	Liquid Cyrstal Display
LCM	Liquid Cyrstal Module
KSH	Kraniserebral Hipotermiya
NTC	Negatif Katsayılı Direnç
PTC	Pozitif Katsayılı Direnç
PWM	Pulse With Modulation
RISC	Reduced Instruction Set for Computer
RTD	Resistance Temperature Detector
SMPS	Switch Mode Power Supply
TE	Termoelektrik
TEM	Termoelektrik modül
USART	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter
YSA	Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

Vücut sıcaklığının tedavi amaçlı düşürülmesine hipotermiya denir. Tıp alanında insanların ve hayvanların vücut sıcaklığının belli bir seviyeye çekilmesi ve o seviyede sabit tutulması en önemli ve etkili tedavi süreçlerinden birisidir [1-7]. Çünkü beyin travmalarında hipotermiya uygulandığında ölüm oranları ciddi oranda düşmektedir [8-16]. Bunun yanı sıra kan kayıplarında ve bazı ameliyatlarda ve aşırı yüksek vücut sıcaklığının düşürülmesinde vücut sıcaklığının istenilen seviyede sabit tutulmasının olumlu sonuçları inkâr edilemeyecek bir gerçektir [17-26].

1930'lu yıllardan bu yana hipotermiyayı gerçekleştirmek için değişik yöntemlere başvurulmuştur. Bunlar; vücudun soğuk suya daldırılması [27], vücuda buz tatbik etmek [28], ıslak battaniyeye sarılması [29-30] gibi yöntemlerdir. Bu yöntemler ilkel, kontrolden uzak ve pratik olmayan yöntemlerdir [31]. Çünkü beyin sıcaklığının düşürülmesi için vücudu uzun süre soğuk su içinde tutmak gerekir. Bunun sonucunda kalp yüklenmektedir ve tehlikeli komplikasyonlar meydana gelmektedir [32]. Ayrıca kontrolsüz olduğu için vücudun hassas bölgelerindeki sıcaklıklar kontrol edilememektedir. Gerçekleştirilen bu çalışmada bahsedilen kusurları ortadan kaldırmak için mikrodenetleyiciyle sıcaklık kontrolü yapılarak peltier eleman kullanılarak ratların (sıçanların) beynine lokal hipotermiya uygulayan yeni bir deney sistemi tasarlanmıştır [33-36].

Isı enerjisi ile elektrik enerjisinin birbirlerine doğrudan dönüşümünü tanımlayan termoelektrik kavramının tarihi 1820'lere dayanmaktadır [37]. Termoelektrik kavramının tarihi 1820'lere dayanmasına karşın termoelektrik elemanlar ancak 1960'lı yıllardan sonra yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [38]. Termoelektrik elemanlar; küçük boyutlu olmaları, sarsıntı yapmamaları, sessiz olmaları, 250 000 saati aşan ömürleri, etkin sıcaklık kontrolüne izin vermeleri, doğru akımla çalışıyor olmaları ve güç tüketiminin son yıllarda daha da azalmasından dolayı vb. bir çok avantajlarından dolayı,

askeri alanlarda, uzay çalışmalarında, bilimsel deneylerde, tıp ve daha birçok alanda, soğutma ve ısıtma amaçlı veya termoelektrik jeneratör olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [39-45]. Bu çalışma da tıp alanında kullanıma bir örnek teşkil etmektedir.

Yapay Sinir Ağları [YSA], son yıllarda birçok mühendislik uygulamalarında etkin bir şekilde uygulanmaktadır. Yapay sinir ağları kavramı, insan beyninin çalışma ilkelerinin sayısal bilgisayarlar üzerinde taklit edilmesi fikri ile ortaya çıkmış olup, ilk çalışmalar nöronların matematiksel modellenmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Yapılan çalışmalar nöronların komşu nöronlarla bilgi alışverişinde bulunduğunu ortaya çıkarmıştır. Yapay sinir ağları diye isimlendirilen bu nöronların belli biçimlerde bir araya gelmesinden oluşmuştur. Algoritmik olmayan ve çok yoğun paralel işlem yapabilen YSA, ayrıca öğrenebilme kabiliyeti ve paralel dağıtılmış hafıza ile de hesaplamada yeni bakış açılarına sebep olmuştur [46]. Giriş katmanındaki nöronlar girdi bilgilerini alır bağlantılar vasıtasıyla bir sonraki bilgi işleme tabakası elemanlarına değerleri iletir. Bu işlem çıkış tabakasına ulaşıncaya kadar devam eder. Bu tür bilgi akışının bir yönde ilerlemesiyle oluşan ağ ileri beslemeli ağ olarak bilinir [47].

Bu tür çalışmalarda deneylerin pahalı olması ve uzun zaman gerektirmesi nedeniyle yapay zekâya dayalı yöntemlerin kullanılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Böylece daha sonra yapılacak deneylerde YSA'nın çıkarımlarından faydalanmak mümkün olacaktır. Bu durum hem zamandan tasarruf edilmesini hem de sağlayacağı yüksek doğruluk sayesinde ratlardaki gereksiz can kayıplarını azaltacaktır. Bu çalışmada sistem kullanılarak ratlarda beyin rektum, sağ ve sol kulak sıcaklıkları arasındaki ilişki araştırılmıştır ve bahsedilen bölgeler arasında çok yakın bir sıcaklık ilişkisi tespit edilmiştir [33,47]. Bu ilişki bilimsel kıstaslara göre araştırılmış ve sonuçta bu bölgelerin sıcaklıkları arasında matematiksel bir bağ tespit edilmiştir. Elde edilen deney sonuçları Matlab R2008b versiyonu kullanılarak yapay sinir ağları yardımıyla eğitilerek modellenmiştir. Bu işlem sonucunda

görülmüştür ki rektum, sağ ve sol kulak sıcaklıkları ölçülerek beyin sıcaklığı tahmin edilebilecektir. Böylelikle ratlar üzerinde yapılacak deneyler sonucunda elde edilen olumlu veriler rahatlıkla insanlar için de uygulanabilecektir [31, 32].

Bu tez çalışmasında peltier elemanlarla hipotermiya uygulamasında gelişmiş bir mikro denetleyici (Atmel Atmega128) kullanılarak sıcaklık kontrolü gerçekleştirilmektedir. Bu sıcaklık kontrolünde hem soğutma hem de ısıtma kontrolü yapılmaktadır. Böylelikle sıcaklık seviyesi istenilen değer aralığında sabit kalmaktadır. Sistem daha hassas kontrollü soğutma veya ısıtma yapılabilmektedir. Yüksek çözünürlüğe sahip olan LCM (Liquid Crystal Module) ekran, harici bellek ve bilgisayar bağlantısının olması da sıcaklık kontrolüne yardımcı olmaktadır. Bu sistem kullanılarak ölçülen sıcaklık değerleri yapay sinir ağları ile modellenerek ratların beyin sıcaklığı ile diğer bölgelerdeki (rektum, sağ kulak ve sol kulak) sıcaklık ilişkileri grafiksel olarak çıkartılmıştır. Böylelikle daha kolay ulaşılabilecek bölgelerin sıcaklıkları ölçülerek, ölçülmesi zor olan beyin sıcaklığı tahmin edilebilmektedir. Tasarlanan ve gerçekleştirilen mikrodenetleyicili sıcaklık kontrollü hipotermiya cihazı daha önce bahsedilen ilkel yöntemlerin aksine yeni bir hipotermiya yöntemidir. Bu cihaz; ratlar için tasarlanmış olup geniş hafızalı mikrodenetleyici kontrolüne sahip, termoelektrik modül kullanılan, LCM göstergeli kolaylıkla taşınabilir ve çok pratik bir cihazdır [33-36].

Çalışmanın birinci bölümü giriş bölümüdür. İkinci bölümünde hipotermiya ve yapay sinir ağları hakkında genel bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde hipotermiya işlemini gerçekleştirecek olan deneysel sistemin tasarlanması, gerçekleştirilmesi ve performans analizleri verilmektedir. Dördüncü bölümde yapay sinir ağlarını kullanarak beyin-rektum, beyin sağ kulak ve beyin sol kulak sıcaklıkları arasındaki ilişkilerin nasıl modellenebileceği ve sağlayacağı faydalar tartışılmaktadır. Son bölümde ise çalışmadan elde edilen sonuçlar ve yeni çalışmalara yönelik önerilere yer verilmektedir.

2. TEMEL KAVRAMLAR

2.1. Hipotermiya ve Hipotermiyanın Tedavi Amaçlı Kullanılması

Canlıların vücut sıcaklığı iç ve dış etkenlerin değişmesine rağmen genelde oldukça kararlı kalır. Vücut sıcaklığı normalin üzerine çıktığı zaman bu duruma hipertermiya denir. Bunun aksine vücut sıcaklığı normalin altına indiği zaman bu duruma da hipotermiya adı verilir. Her iki durumda da beynin korunması zorunludur [31]. Ancak bunun yanı sıra dışarıdan harici bir etki ile tedavi amaçlı olarak vücut sıcaklığı düşürülebilir veya yükseltilebilir. Bu çalışma buna bir örnek teşkil etmektedir.

Kazalarda en çok beyin travmaları ve bu travmalar sonrası sakatlıklar söz konusu olmaktadır. Bunun içindir ki, Nörolojide travma sonrası beyin tedavi ve korunma yöntemleri üzerinde geniş çapta araştırmalar yapılmaktadır. Son yıllarda tüm dünyada ve çok kısıtlı olarak ülkemizde travma sonrası tedavide serebral hipotermiya kullanılmaktadır. Lokal serebral hipotermiya ile beyin, sıcaklığı 28°C - 30°C dereceye kadar düşürüldüğünde hiç bir komplikasyon oluşmayarak ve beynin bir alt fonksiyonel rejime geçerek travma sonrası ikinci darbe denilen ölümcül etkilerden korunmaktadır [10-16]. Ratlarda beyin travması sonrasında hipotermiyanın koruyucu etkisini araştırmak için deneysel olarak ratlar beyin travmasına uğratılmıştır. Hipotermiya uygulanmadığı zaman ölüm oranları % 50 gibi yüksek bir orana sahip iken hipotermiya uygulandıktan sonra ratlarda ölüm oranı % 10 seviyesine düşmektedir [8, 9].

Kazalardaki ölümlerin en belirgin nedenlerinden biri de kan kayıplarıdır. Kan kaybı sonucu insanlar tedavi göremeden hayatını kaybetmektedir. Bu nedenle tıp alanında kan kaybı nedeniyle oluşacak komplikasyonları önlemek için değişik çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalardan biri de beyine hipotermiya uygulamaktır. Günümüzde hipotermiyanın kan kayıplarında bir tedavi yöntemi olduğu tıp biliminde kabul edilmektedir. Bu konuda yapılan bir

çalışmada ani kan kaybı sonrası hipotermiya uygulanmayan ratlarda ölüm oranı %80 gibi bir yüksek orana sahip iken hipotermiya uygulanan ratlarda bu oranın %20 seviyelerine kadar düştüğü görülmüştür [17-26].

Literatüre göre narkozla ve genel hipotermiya ile insanda beyin ve rektum sıcaklığı azalmaktadır [28]. Fakat genel hipotermiya uygulanınca vücudun sıcaklığı +28 °C olsa dahi beyin sıcaklığı vücut sıcaklığından birkaç derece fazla olmaktadır. Termoelektrik modül ile hipotermiya soğutma sistemini kullanarak harici kranioserebral hipotermiya (KSH) yapmakla beyin sıcaklığını 30°C veya daha da aşağı sıcaklık değerlerine indirmek mümkündür. Bu da “Kranioserebral Hipotermiya“ metodunun üstünlüğünü sergilemekte ve bu yöntemin kanama ve kan kaybı durumlarında ayrıca kalp damar cerrahisinde kullanılmasının esasını teşkil etmektedir [28].

Dokuların oksijen tüketimini azaltmak için pratik klinikte kullanılan yöntemler arasında en etkin olarak kranioserebral hipotermiya yöntemi kabul edilmektedir [29]. Kranioserebral hipotermiya tıbbın pek çok olaylarında, özellikle herhangi kaza veya ameliyat sonucu meydana gelen kanama ve kan kaybı durumlarında kardiyovaskular cerrahi, nöroloji ve nöroanatomoloji de kullanılmaktadır.

Hipotermiya, dokuların oksijen tüketimini azaltarak organizmayı özellikle de beyni hipoksisinin ölümcül etkisinden korumaktadır. Dolayısıyla hipotermiya uygulanınca organizmadaki kan dolaşımı azaltılabilir veya normal sıcaklığına göre daha uzun süre için durdurulabilir. Ölümcül oranlarda organizmanın kan kaybı durumunda ise koruyucu unsurlardan en önemlisi olarak hipotermiya görünmektedir [48, 49].

2.2. Yapay Sinir Ağları ve Algoritmaları

Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Bu yetenekleri geleneksel programlama yöntemleri ile gerçekleştirmek oldukça zor veya mümkün değildir. Bu yüzden, yapay sinir ağlarının programlanması çok zor veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş adaptif bilgi işleme ile ilgilenen bir bilgisayar bilim dalıdır [50].

Yapay sinir ağları insan beyninin çalışma prensiplerini taklit etmek esası üzerine kurulmuş bir bilgi işleme yöntemidir. Burada bilgi basit işlem elemanları arasında paralel olarak dağıtılmıştır. İşlem elemanları birbiri ile bağlantı halindedir. Her bağlantının bir ağırlığı vardır. Bilgi bu ağırlıklar ile temsil edilir. Yapay sinir ağları bilgiyi, ilgili olay hakkında örnekler üzerinde eğitilerek öğrenirler. Örneklerden, özellikleri çıkartarak genelleştirme yapmak suretiyle daha sonra ortaya çıkacak fakat hiç görülmemiş olaylara çözümler üretmektedirler. Bu eğitim esnasında, ağa dışarıdan müdahale olması mümkün olduğu durumlarda öğretmenli öğrenme, eğer bir müdahale söz konusu değilse o zaman öğretmensiz öğrenme söz konusudur [51].

Yapay sinir ağları da özellikle eksik, belirsiz, karmaşık ve bulanık bilgileri işlemekteki başarıları nedeniyle, birçok endüstriyel probleme uygulanabilmektedir. Yapılarındaki paralellikten dolayı çok hızlı çalışabilmeleri, onların özellikle gerçek zamanlı olaylarda çalışmalarını sağlamaktadır [52].

2.2.1. Yapay sinir ağlarından en çok kullanılan modeller

Bir yapay sinir ağında işlem elemanlarının bağlanması sonucu oluşan topoloji, işlem elemanlarının sahip oldukları toplama ve aktivasyon

fonksiyonları, öğrenme stratejisi ve kullanılan öğrenme kuralı ağıın modelini belirlemektedir. Günümüzde çok sayıda model geliştirilmiştir. Bunların en yaygın olarak kullanılanları ve pratik hayatta uygulananları şunlardır:

- Algılayıcılar
- Çok katmanlı algılayıcılar (hatayı geriye yayma modelleri)
- Öğrenme Vektör Nicelendirmesi Ağı (LVQ, Learning Vector Quantization)
- Kendi kendini organize eden model (SOM)
- Adaptif Rezonans Teorisi modeller (ART)
- Hopfield ağları
- Counter propagation ağı
- Neocognitron ağı
- Boltzman makinesi
- Probabilistic ağlar (PNN)
- Elman ağı
- Radyal temelli ağlar (RBN, Radial Basis Networks)

2.2.2. Yapay sinir ağlarının genel özellikleri

Yapay sinir ağlarının karakteristik özellikleri uygulanan ağ modeline göre değişmektedir. Bütün modeller için geçerli olan genel karakteristik özellikleri aşağıda verilmiştir.

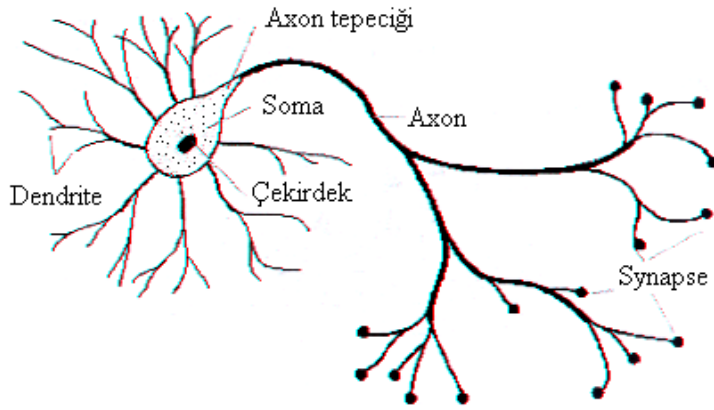
- Yapay sinir ağları makine öğrenmesi gerçekleştirirler.
- Programlarının çalışma stili bilinen programlama yöntemlerine benzememektedir.
- Bilgiyi saklayabilirler. Yapay sinir ağlarında bilgi ağıın bağlantılarının değerleri ile ölçülmekte ve bağlantılarda saklanmaktadır.
- Yapay sinir ağları, örnekleri kullanarak öğrenirler.
- Yapay sinir ağlarının güvenle çalıştırılabilmesi için önce eğitilmeleri ve performanslarının test edilmesi gerekmektedir.

- Görülmemiş örnekler hakkında bilgi üretebilirler.
- Algılamaya yönelik olaylarda kullanılabilirler.
- Şekil (örüntü) ilişkilendirme ve sınıflandırma yapabilirler.
- Örüntü tamamlama gerçekleştirebilirler.
- Kendi kendini organize etme ve öğrenebilme yetenekleri vardır.
- Eksik bilgi ile çalışabilmektedirler.
- Hata toleransına sahiptirler.
- Belirsiz, tam olmayan bilgileri işleyebilmektedirler.
- Dereceli bozulma gösterirler.
- Dağılmış belleğe sahiptirler.
- Sadece nümerik bilgiler ile çalışabilmektedirler.

Biyolojik sinir sistemi

Biyolojik sinir sistemi, merkezinde sürekli olarak bilgiyi alan, yorumlayan ve uygun bir karar üreten beynin (merkezi sinir ağı) bulunduğu 3 katmanlı bir sistemdir. Alıcı sinirler organizma içerisinde ya da dış ortamlardan algıladıkları uyarıları, beyne bilgi ileten elektriksel sinyallere dönüştürür. Tepki sinirleri ise, beynin ürettiği elektriksel darbeleri organizma çıktısı olarak uygun tepkilere dönüştürür.

Merkezi sinir ağı bilgileri, alıcı ve tepki sinirleri arasında ileri ve geri besleme yönünde değerlendirilerek uygun tepkiler üretir. Bu yönüyle biyolojik sinir sistemi, kapalı çevrim denetim sisteminin karakteristiklerini taşır. Merkezi sinir sisteminin temel işlem elemanı, sinir hücresidir (nöron) ve insan beyninde yaklaşık 10 milyar sinir hücresi olduğu tahmin edilmektedir. Şekil 2.1'de görüldüğü gibi sinir hücresi; hücre gövdesi, dendritler ve axonlar olmak üzere 3 bileşenden meydana gelir. Dendritler, diğer hücrelerden aldığı bilgileri hücre gövdesine bir ağaç yapısı şeklinde ince yollarla iletir. Axonlar ise elektriksel darbeler şeklindeki bilgiyi hücreden dışarı taşıyan daha uzun bir yoldur. Axonların bitimi, ince yollara ayrılabilir ve bu yollar, diğer hücreler için dendritleri oluşturur.



Şekil 2.1. Biyolojik sinir hücresi ve bileşenleri

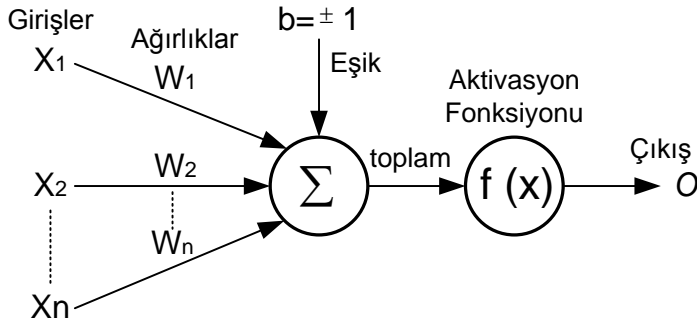
Synapseye gelen ve dendritler tarafından alınan bilgiler genellikle elektriksel darbelerdir ancak, sinapstaki kimyasal ileticilerden etkilenir. Belirli bir sürede bir hücreye gelen girişlerin değeri, belirli bir eşik değerine ulaştığında hücre bir tepki üretir. Hücrenin tepkisini artırıcı yöndeki girişler uyarıcı, azaltıcı yöndeki girişler ise önleyici girişler olarak söylenir ve bu etkiyi synapse belirler.

İnsan beyninin 10 milyar sinir hücresinden ve 60 trilyon synapse bağlantısından oluştuğu düşünülürse son derece karmaşık ve etkin bir yapı olduğu anlaşılır. İnsan beyni; öğrenme, birleştirme, uyarılma ve genelleştirme yeteneği nedeniyle son derece karmaşık, doğrusal olmayan ve paralel dağılmış bir bilgi işleme sistemi olarak tanımlanabilir.

Yapay sinir ağı hücresi

Temel bir yapay sinir ağı hücresi biyolojik sinir hücresine göre çok daha basit bir yapıya sahiptir. En temel sinir hücresi modeli Şekil 2.2'de görülmektedir. Yapay sinir ağı hücresinde temel olarak dış ortamdan ya da diğer sinir ağı hücrelerinden alınan veriler yani girişler, ağırlıklar, toplama fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıkışlar bulunmaktadır. Dış ortamdan alınan veri

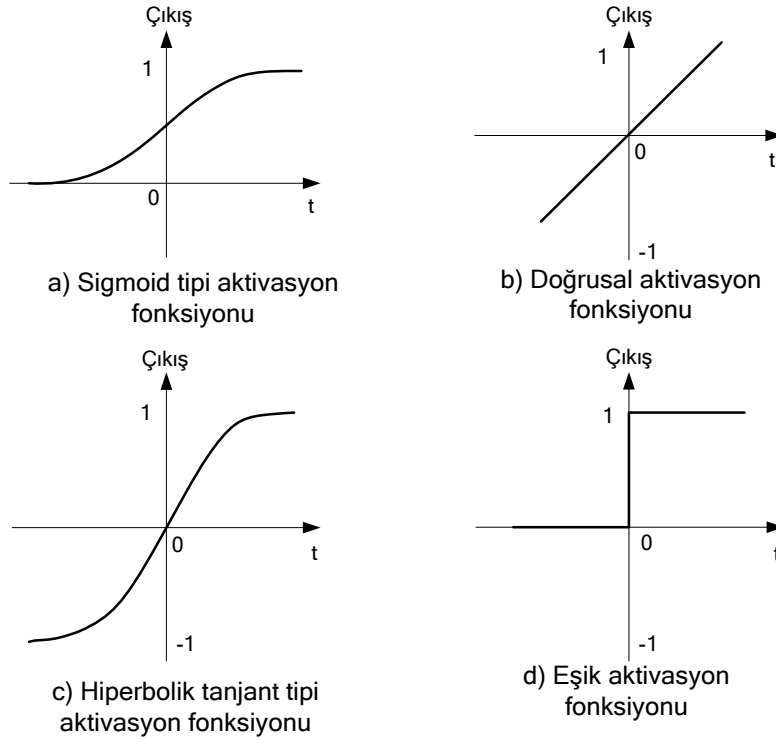
ağırlıklar aracılığıyla sinir ağı hücrelerine bağlanır ve bu ağırlıklar ilgili girişin etkisini belirler. Toplam fonksiyonu ise net girişi hesaplar, net giriş, girişlerle bu girişlerle ilgili ağırlıkların çarpımının bir sonucudur. Aktivasyon fonksiyonu işlem süresince net çıkışını hesaplar ve bu işlem aynı zamanda nöron çıkışını verir. Genelde aktivasyon fonksiyonu doğrusal olmayan bir fonksiyondur. Şekil 2.2'de görülen b bir sabittir, bias veya aktivasyon fonksiyonunun eşik değeri olarak adlandırılır [53].



Şekil 2.2. Temel yapay sinir ağı hücresi

Nöron çıkışı (o), $o = f(W.X + b)$ eşitliğinden hesaplanır. Buradaki W ağırlıklar matrisi, X ise girişler matrisidir. n giriş sayısı olmak üzere; $W = w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ $X = x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ şeklinde yazılabilir. Şekil 2.2'deki toplam değerini; $toplamlam = \sum_{i=1}^n w_i x_i + b$ ve $o = f(toplam) o = f(\sum_{i=1}^n w_i x_i + b)$ şeklinde de yazılabilir. Eşiklikteki $f(x)$ aktivasyon fonksiyonudur.

Şekil 2.3 a' da sigmoid transfer fonksiyonu görülmektedir. Lojistik fonksiyon olarak da adlandırılan bu fonksiyonunun lineer olmamasından dolayı türevi Eş. 2.1'de olduğu gibi alınabilmektedir. Böylece geri yayımlı ağlarda kullanmak mümkün olabilmektedir. Doğrusal aktivasyon fonksiyonunun çıkışı girişine eşittir (Eş. 2.2). Sürekli çıkışlar gerektiği zaman çıkış katmanındaki aktivasyon fonksiyonunun lineer aktivasyon fonksiyonu olabildiğine dikkat edilmelidir (Şekil 2.3 b).



Şekil 2.3. Aktivasyon fonksiyonları

Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu da lineer olmayan türevi alınabilir bir fonksiyondur (Eş. 2.3). +1 ile -1 arasında çıkış değerleri üreten bu fonksiyon işaret fonksiyona benzemektedir (Şekil 2.3 c). Şekil 2.3d'de eşik aktivasyon fonksiyonunun grafiği görülmektedir. Eşik aktivasyon fonksiyonu eğer net değeri sıfırdan küçükse sıfır, sıfırdan daha büyük bir değer ise net çıkışında +1 değeri verir (Eş. 2.4). Şekil 2.3'de verilen fonksiyonlar en genel aktivasyon fonksiyonlarıdır. Bu aktivasyon fonksiyonlarından başka fonksiyonlar da vardır. Yapay sinir ağında hangi aktivasyon fonksiyonunun kullanılacağı probleme bağlı olarak değişmektedir [54].

$$\Psi(S) = \frac{1}{1 + e^{-S}} \quad (2.1)$$

$$\Psi(S) = \alpha x, \quad \alpha \in \mathfrak{R} \quad (2.2)$$

$$\Psi(S) = \tanh(S) = \frac{e^S - e^{-S}}{e^S + e^{-S}} \quad (2.3)$$

$$\Psi(S) = \begin{cases} 1 & S \leq 0 \\ 0 & S > 0 \end{cases} \quad (2.4)$$

2.2.3. Yapay sinir ağlarının uygulama alanları

Başarılı uygulamalar incelendiğinde yapay sinir ağlarının, doğrusal olmayan, çok boyutlu, gürültülü, karmaşık, kesin olmayan, eksik, kusurlu, hata olasılığı yüksek sensor verilerinin olması ve problemin çözümü için özellikle bir matematik modelin ve algoritmanın bulunmaması hallerinde yaygın olarak kullanıldıkları görülmektedir. Bu amaçla geliştirilmiş ağlar genel olarak su fonksiyonları yerine getirmektedir:

- Probabilistik fonksiyon kestirimleri
- Örüntü tanıma
- Sınıflandırma
- Doğrusal olmayan sinyal işleme
- İlişkilendirme veya örüntü eşleştirme
- Doğrusal olmayan sistem modelleme
- Zaman serileri analizleri
- Optimizasyon
- Sinyal filtreleme
- Zeki ve doğrusal olmayan kontrol
- Veri sıkıştırma

Son yıllarda YSA'ları, özellikle günümüze kadar çözümü güç ve karmaşık olan çok farklı alanlardaki problemlerin çözümüne uygulanmış ve başarılı sonuçlar alınmaktadır. YSA'nın uygulama alanları aşağıdaki gibi 6 grup içerisinde toplanabilir [55].

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 vs. arıza analizinde kullanılmaktadır.

Tıp alanında: Hastadan temin edilen tıbbi sinyallerin analizi, kanserli hücrelerin analizi, protez tasarımı, transplantasyon zamanlarının optimizasyonu ve hastanelerde giderlerin optimizasyonu vs. gibi uygulama yeri bulmuştur.

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

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

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

Otomasyon ve kontrol: Uçaklarda otomatik pilot sistemi otomasyonu, ulaşım araçlarında otomatik yol bulma / gösterme, robot sistemlerin kontrolü, doğrusal olmayan sistem modelleme ve kontrolü, elektrikli sürücü sistemlerin kontrolü vs. gibi yaygın bir uygulama alanı bulmuştur.

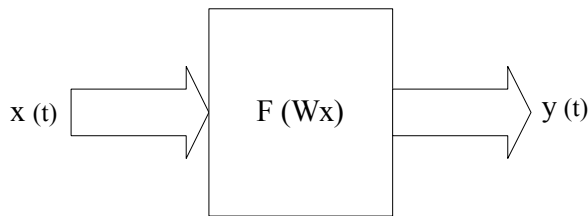
2.2.4 Yapay sinir ağlarının yapılarına göre sınıflandırılması

YSA'lar, genel olarak birbirleri ile bağlantılı nöronlardan oluşurlar. Her bir sinir hücresi arasındaki bağlantıların yapısı ağın yapısını belirler. İstenilen hedefe ulaşmak için bağlantıların nasıl değiştirileceği öğrenme algoritması tarafından belirlenir. Kullanılan bir öğrenme kuralına göre, hatayı sifira indirecek şekilde, ağın ağırlıkları değiştirilir. YSA'lar yapılarına ve öğrenme algoritmalarına göre

sınıflandırılırlar [60]. Yapay sinir ağları, yapılarına göre, ileri beslemeli (feed forward) ve geri beslemeli (feed back) ağlar olmak üzere iki şekilde sınıflandırılırlar.

İleri beslemeli ağlar

İleri beslemeli bir ağda nöronlar genellikle katmanlara ayrılmışlardır. İşaretler, giriş katmanından çıkış katmanına doğru tek yönlü bağlantılarla iletilir. Nöronlar bir katmandan diğer bir katmana bağlantı kurarlarken, aynı katman içerisinde bağlantıları bulunmaz. Şekil 2.4'de ileri beslemeli ağ için blok diyagram gösterilmiştir. İleri beslemeli ağlara örnek olarak Levenberg-Marquardt, çok katmanlı perseptron (Multi Layer Perceptron, MLP) ve LVQ (Learning Vector Quantization) ağları verilebilir. İleri beslemeli yapay sinir ağlarında gecikmeler yoktur, işlem girişlerden çıkışlara doğru ilerler. Çıkış değerleri öğreticiden alınan istenen çıkış değeriyle karşılaştırılarak bir hata sinyali elde edilerek ağ ağırlıkları güncellenir.

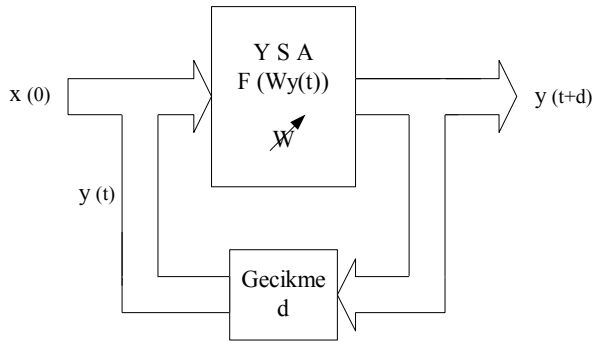


Şekil 2.4. İleri beslemeli ağ yapısı için blok diyagram

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. Şekil 2.5'de bir geri beslemeli ağ görülmektedir. 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. Bu ağlar çeşitli tipteki zaman serilerinin tahmininde oldukça başarı sağlamışlardır. Bu

ağlara örnek olarak Hopfield, Elman ve Jordan ağları verilebilir [63]. Geri beslemeli yapay sinir ağlarında ise tıpkı kontrol uygulamalarında olduğu gibi gecikmeler söz konusudur. Geri beslemeli sinir ağında, çıkışlar girişlere bağlanarak ileri beslemeli bir ağdan elde edilir. Buradaki d sabiti sembolik anlamda gecikme süresidir.



Şekil 2.5. Geri beslemeli ağ yapısı

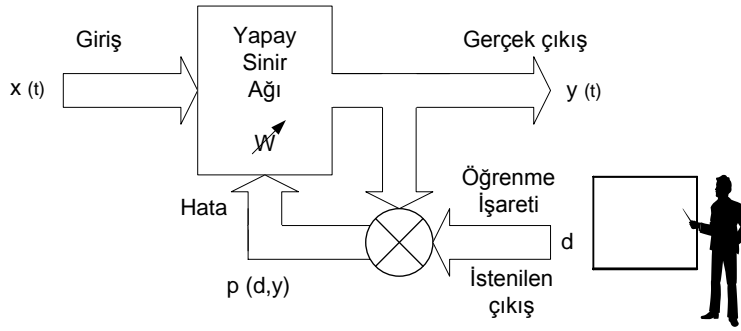
2.2.5. YSA'nın öğrenme algoritmalarına göre sınıflandırılması

Öğrenme; eğitim ve hareketin doğal yapıda meydana getirdiği davranış değişikliği olarak tanımlanmaktadır. Birtakım metot ve kurallar, gözlem ve eğitime göre ağdaki ağırlıkların değiştirilmesi sağlanır. 1990'lı yıllardan bugüne gelinceye kadar birçok öğrenme algoritması geliştirilmiştir. Öğrenme algoritmaları temelde üç grupta toplanmaktadır. Danışmanlı öğrenme, danışmansız öğrenme ve takviyeli öğrenme algoritmalarıdır.

Danışmanlı öğrenme

Danışmanlı öğrenmede (Supervised Learning), YSA'ya örnek olarak bir doğru çıkış verilir. İstenilen ve gerçek çıktı arasındaki farka (hataya) göre nöronlar arasındaki bağlantıların ağırlığını en uygun çıkışı elde etmek için sonradan düzenlenebilir. Bu sebeple danışmanlı öğrenme algoritmasının bir "öğretmene" veya "danışmana" ihtiyacı vardır. Şekil 2.6'da danışmanlı öğrenme yapısı gösterilmiştir. Widrow-Hoff tarafından geliştirilen delta kuralı

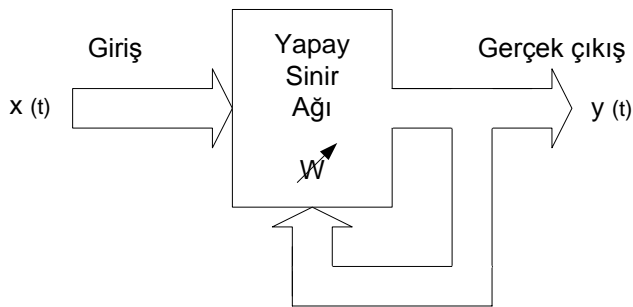
ve Rumelhart ve McClelland tarafından geliştirilen genelleştirilmiş delta kuralı veya geri besleme (back propagation) algoritması danışmanlı öğrenme algoritmalarına örnek olarak verilebilir [56].



Şekil 2.6. Danışmanlı öğrenme yapısı

Danışmansız öğrenme

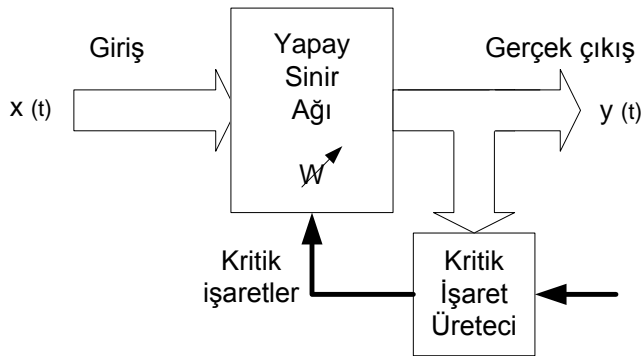
Danışmansız öğrenmede (Unsupervised Learning), girişe verilen örnekten elde edilen çıkış bilgisine göre ağ sınıflandırma kurallarını kendi kendine geliştirmektedir. Bu öğrenme algoritmalarında, istenilen çıkış değerinin bilinmesine gerek yoktur. Öğrenme süresince sadece giriş bilgileri verilir. Ağ daha sonra bağlantı ağırlıklarını aynı özellikleri gösteren desenler oluşturmak üzere ayarlar. Şekil 2.7'de danışmansız öğrenme yapısı gösterilmiştir. Grossberg tarafından geliştirilen ART veya Kohonen tarafından geliştirilen SOM öğrenme kuralı danışmansız öğrenmeye örnek olarak verilebilir.



Şekil 2.7. Danışmansız öğrenme yapısı

Takviyeli öğrenme

Bu öğrenme kuralı danışmanlı öğrenmeye yakın bir metottur. Denetimsiz öğrenme algoritması, istenilen çıkışın bilinmesine gerek duymaz. Hedef çıktıyı vermek için bir “öğretmen” yerine, burada YSA’ya bir çıkış verilmemekte fakat elde edilen çıkışın verilen girişe karşılık iyiliğini değerlendiren bir kriter kullanılmaktadır. Şekil 2.8’de takviyeli öğrenme (Reinforcement Learning) yapısı gösterilmiştir. Optimizasyon problemlerini çözmek için Hinton ve Sejnowski’nin geliştirdiği Boltzmann kuralı veya Genetik Algoritmalar takviyeli öğrenmeye örnek olarak verilebilirler.



Şekil 2.8. Takviyeli öğrenme yapısı

2.2.6. Yapay sinir ağlarının eğitilmesi

İnsan beyni doğumdan sonraki gelişme sürecinde çevresinden duyu organlarıyla algıladığı davranışları yorumlar ve bu bilgileri diğer davranışlarında kullanır. Yaşadıkça beyin gelişir ve tecrübelenir. Artık olaylar karşısında nasıl tepki göstereceğini çoğu zaman bilmektedir. Fakat hiç karşılaşmadığı bir olay karşısında yine tecrübesiz kalabilir. Yapay sinir ağlarının öğrenme sürecinde, tıpkı dış ortamdaki gözle veya vücudun diğer organlarıyla uyarıların alınması gibi girişler alınır, bu girişlerin beyin merkezine iletilerek burada değerlendirilip tepki verilmesi gibi yapay sinir ağına da aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek bir tepki çıkışı üretilir. Bu

çıkış yine tecrübeyle verilen çıkışla karşılaştırılarak hata bulunur.

Çeşitli öğrenme algoritmalarıyla hata azaltılıp gerçek çıkışa yaklaşılmaya çalışılır. Bu çalışma süresince yenilenen yapay sinir ağının ağırlıklarıdır. Ağırlıklar her bir çevrimde yenilenecek amaca ulaşmaya çalışılır. Amaca ulaşmanın veya yaklaşmanın ölçüsü de yine dışarıdan verilen bir değerdir. Eğer yapay sinir ağı verilen giriş-çıkış çiftleriyle amaca ulaşmış ise ağırlık değerleri saklanır. Ağırlıkların sürekli yenilenip istenilen sonuca ulaşılan kadar geçen zamana öğrenme adı verilir.

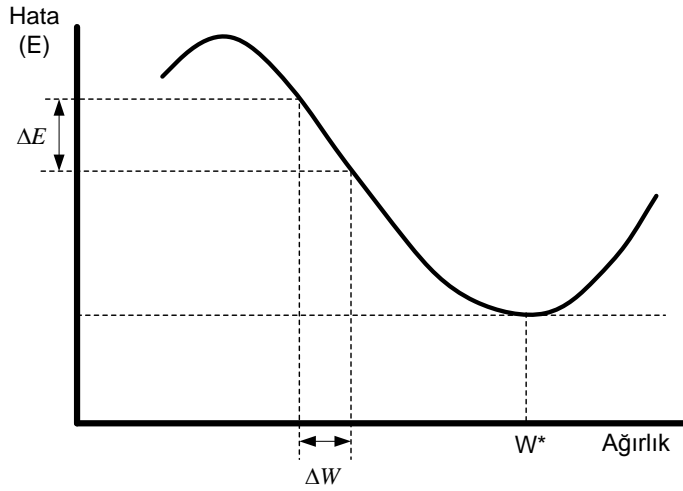
Yapay sinir ağı öğrendikten sonra daha önce verilmeyen girişler verilir, sinir ağı çıkışıyla gerçek çıkışı yaklaşımı incelenir. Eğer yeni verilen örneklere de doğru yaklaşıyorsa sinir ağı işi öğrenmiş demektir. Sinir ağına verilen örnek sayısı optimum değerden fazla ise sinir ağı işi öğrenmemiş ezberlemiştir. Genelde eldeki örneklerin yüzde sekseni ağa verilir ağ eğitilir, daha sonra geri kalan yüzde yirmilik kısım verilir ağın davranışı incelenir diğer bir deyişle ağ böylece test edilir [56].

1. Örneklerin toplanması: Ağın öğrenmesi istenilen olay için daha önce gerçekleşmiş örneklerin bulunması adımıdır. Ağın eğitilmesi için örnekler toplandığı gibi (eğitim seti) ağın test edilmesi için de örneklerin (test seti) toplanması gerekmektedir. Eğitim setindeki örnekler tek tek gösterilerek ağın olayı öğrenmesi sağlanır. Ağ olayı öğrendikten sonra test setindeki örnekler gösterilerek ağın başarımı ölçülür. Ağı hiç görmediği örnekler karşısındaki başarısı iyi öğrenip öğrenmediğini ortaya koyar.
2. Ağı topolojik yapısının belirlenmesi: Öğrenilmesi istenen olay için oluşturulacak olan ağın topolojik yapısı belirlenir. Kaç tane girdi ünitesi, kaç tane ara katman, her ara katmanda kaç tane süreç elemanı ve kaç tane çıktı elemanı olması gerektiği bu adımda belirlenmektedir.

3. Öğrenme parametrelerini belirlenmesi: Ağın öğrenme katsayısı, süreç elemanlarının toplama ve aktivasyon fonksiyonları, momentum katsayısı gibi parametreler bu adımda belirlenmektedir.
4. Ağırlıkların başlangıç değerlerinin atanması: Süreç elemanlarının birbirlerine bağlayan ağırlık değerlerinin ve eşik değer ünitesinin ağırlıklarının başlangıç değerlerinin atanması yapılır. Başlangıç genellikle rasgele değerler atanır. Daha sonra ağ uygun değerleri öğrenme sırasında kendisi belirler.
5. Öğrenme setinden örneklerin seçilmesi ve ağa gösterilmesi: Ağın öğrenmeye başlaması ve yukarıda anlatılan öğrenme kuralına uygun olarak ağırlıkları değiştirmesi için ağa örnekler (girdi / çıktı değerleri) belirli bir düzeneğe göre gösterilir.
6. Öğrenme sırasında ileri hesaplamaların yapılması: Sunulan girdi için ağın çıktı değerleri hesaplanır.
7. Gerçekleşen çıktının beklenen çıktı ile karşılaştırılması: Ağın ürettiği hata değerleri bu adımda hesaplanır.
8. Ağırlıkların değiştirilmesi: Geri hesaplama yöntemi uygulanarak üretilen hatanın azalması için ağırlıkların değiştirilmesi yapılır.
9. İleri beslemeli sinir ağı öğrenmesi tamamlanıncaya, yani gerçekleşen ile beklenen çıktılar arasındaki hatalar kabul edilir düzeye ininceye kadar devam eder.

Ağın kendisine gösterilen girdi örneği için beklenen çıktıyı üretmesini sağlayacak ağırlık değerleri bulunmaktadır. Başlangıçta bu değerler rastgele atanmakta ve ağa örnekleri gösterdikçe ağın ağırlıkları değiştirilerek zaman içerisinde istenen değerlere ulaşması sağlanmaktadır. İstenen ağırlık

değerlerinin ne olduğu bilinmemektedir. Bu nedenle yapay sinir ağlarının davranışlarını yorumlamak ve açıklamak mümkün olmaz. Hatanın en az değeri kavramı, ağıın öğrenmesi istenen olayın (problem uzayının) Şekil 2.9'da gösterildiği gibi bir hata uzayda W^* en az hatanın olduğu ağırlık vektörünü göstermektedir. Ağıın W^* değerine ulaşması istenmektedir. Bu ağırlık değeri problem için hatanın en az olduğu noktadır. Her tekrar sayısında da ΔW kadar değıişim yaparak hata düzeyinde ΔE kadar bir hatanın düşmesi sağlanır.

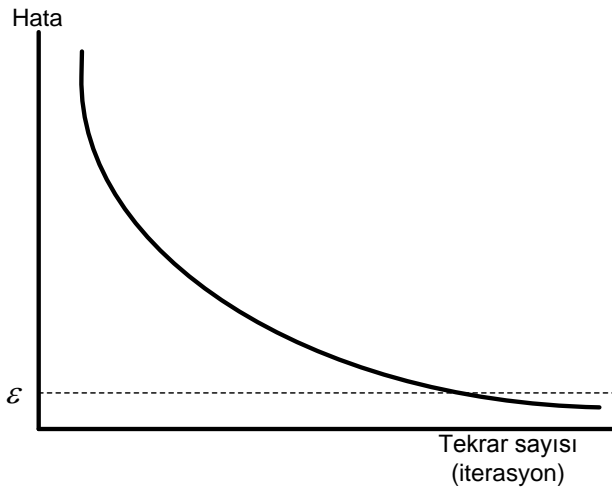


Şekil 2.9. Öğrenmenin hata uzayında gösterimi

Bazı durumlarda ağıın takıldığı yer hata düzeyinin üstünde kalabilir. Bu durumda ağıın olayı öğrenmesi için bazı değıişiklikler yapılarak yeniden eğitilmesi gerekir. Bunlar; başlangıç değerleri değııştirilebilir, ağı topolojisinde değıişiklikler yapılabilir, ağıın parametrelerinde değıişiklik yapılabilir, ağı sunulan verilerin gösterimi ve örneklerin eşitlikleri değııştirilerek yeni örnek seti oluşturulabilir, öğrenme setindeki örneklerin sayısı artırılabilir veya azaltılabilir ve öğrenme sürecinde örneklerin ağı gösterilmesi yapılabilir [56].

İleri beslemeli sinir ağıının yerel sonuçlara takılıp kalmaması için momentum katsayısı geliştirilmiştir. Ağılarının eğitilmesinde diğere önemli bir sorun ise öğrenme süresinin çok uzun olmasıdır. Ağırlık değerleri başlangıçta büyük

değerler olması durumunda ağın lokal sonuçlara düşmesi ve bir lokal sonuçtan diğerine sıçramasına neden olmaktadır. Eğer ağırlıklar küçük aralıkta seçilirse o zaman da ağırlıkların doğru değerleri bulması uzun zamanlar almaktadır. Bazı problemlerin çözümü sadece birkaç yüz tekrar sayısında sürerken bazıları milyonlarca tekrar sayısında gerektirmektedir.



Şekil 2.10. Ağın öğrenme eğrisi

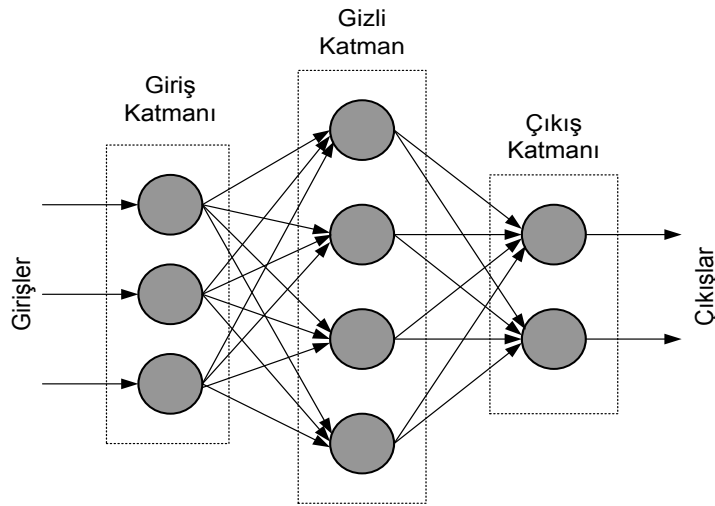
Ağın öğrenmesinin gösterilmesinin en güzel yol hata grafiğini çizmektir. Öğrenen bir ağ için her tekrar sayısında da oluşan hatanın grafiği çizilirse Şekil 2.10'da gösterilen şekle benzer bir hata grafiği oluşur. Burada hatanın zaman içerisinde azaldığı görülür. Belirli bir tekrar sayısından sonra hatanın daha fazla azalmadığı görülür. Bu ağın öğrenmesini durdurduğu ve daha iyi bir sonuç bulunamayacağı anlamına gelir. Eğer elde edilen çözüm kabul edilemez ise o zaman ağ yerel bir çözüme takılmış demektir. Geliştirilen yazılımda hata değeri takip edilerek ağın takılıp takılmadığı kontrol edilebilmektedir [57].

2.2.7. İleri beslemeli sinir ağının hata geriye yayma yöntemi ile eğitimi

Geri yayılım algoritması, sinir ağının öğrenmeli ağ sınıfına giren genel bir algoritmadır. Daha öncede belirtildiği gibi girişlerle çıkışlar arasındaki hata

sinyali bulunarak, ağırlıklar bu hata sinyaliyle güncellenmektedir. Hata yani $e(k)$, arzu edilen çıkış (gerçek çıkış = $y(k)$) ile sinir ağının çıkışı $o(k)$ arasındaki farktır ($e(k) = y(k) - o(k)$).

Sinir hücresinin birbirine bağlandığı ileri yönlü çok katmanlı bir yapay sinir ağı şekli Şekil 2.11’de görülmektedir. Giriş katmanı ile çıkış katmanı arasındaki katman veya katmanlar gizli katman olarak adlandırılır. Sinir ağlarında kaç tane gizli katman kullanılacağı ve her bir gizli katmanda kaç sinir hücresi olacağı bugüne kadar belirlenememiştir, probleme göre değişen bu nitelikler deneme-yanılma yoluyla bulunur [58].

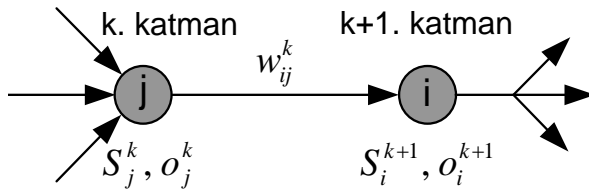


Şekil 2.11. İleri beslemeli çok katmanlı sinir ağı

Şekil 2.11’de gösterilen ağ yapısı geri besleme bağlantıları olmaması dolayısıyla veri akış yönünden ileri beslemeli ağ yapısındadır. Bu yapıda giriş katmanı giriş vektörünü gizli katmana ulaştırmakla yükümlüdür ve doğrusal olmayan bir davranışa sahip değildir. Dolayısıyla giriş katmanındaki her bir nöronu çıkışında bağlı olduğu giriş değeri görünür.

Ağ üzerindeki katmanlar k indisi ile sıralansın ve L adet gizli katman olduğu varsayalım. Şekil 2.12’deki ağ için $L=1$ olacak, $k=0$ giriş katmanına, $k=1$ gizli katmanına ve $k=L+1$ çıkış katmanına tekabül edecektir. Eğer $k+1$. katmanın

i. nöronunu k . katmanın j . nöronuna bağlayan bağlantının ağırlık değeri w_{ij}^k sembolü ile gösterilirse (Şekil 2.12) ve k . katmanın i . nöronun çıkışı ile gösterilirse, $k+1$. katmanındaki i . nöronun net toplamı S_i^{k+1} ve çıkış değeri o_i^{k+1} Eş. 2.5 ve Eş. 2.6'dan elde edilir. Eş. 2.5'de görülen n_k değişkeni, k . katmandaki nöron sayısını simgeler.



Şekil 2.12. Ağ içindeki katmanlar ve nöronların sıralanması

$$S_i^{k+1} = \sum_{j=1}^{n_k} w_{ij}^k o_j^k \quad (2.5)$$

$$o_i^{k+1} = \psi(S_i^{k+1}) \quad (2.6)$$

Hata geriye yayılım yöntemi ile ileri beslemeli sinir ağının eğitimi için Eş. 2.7'de verilen maliyet fonksiyonunun minimize edilmesi gerekir. Ayrıca Eş. 2.8'de parametre güncelleme eşitliği temel alınarak hata geriye yayılım işleminin eşitlikleri elde edilecektir. Eş. 2.8'deki ∇_w sembolü w parametresine göre kısmi türevi göstermektedir. Katmalar arasında hatanın nasıl geriye yayıldığı Şekil 2.13 ve Şekil 2.14'de görülmektedir.

$$J_r = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n_{k+1}} (d_i - o_i)^2 \quad (2.7)$$

$$\Delta w = -\eta \nabla_w J_r \quad (2.8)$$

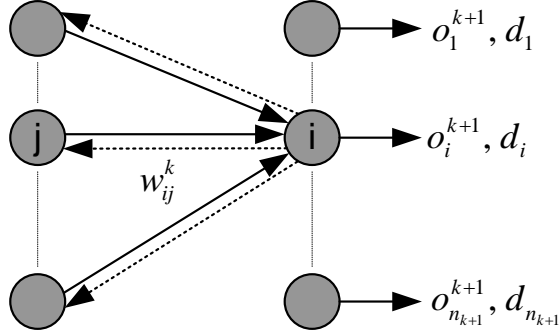
J_r : Maliyet fonksiyonu

d_i : Ağın i inci çıkışı için istenen çıkış değeri

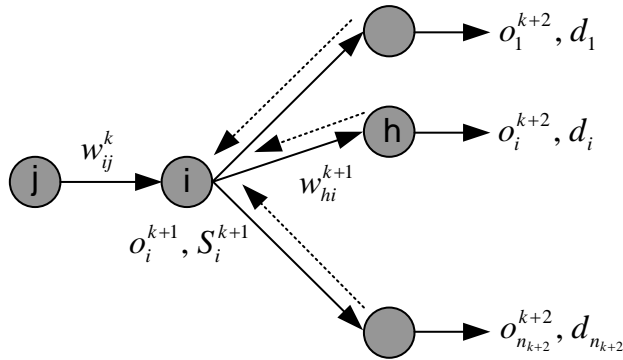
o_i^{k+1} : $k+1$. katmanın i . nöronun çıkışında gözlenen değer

w_{ij}^k : k+1. katmanın i. nöron ile k. katmandaki j. nöronu birleştiren ağırlık

S_i^{k+1} : k+1. katmanın i. nöronunun girişinde oluşan net toplamı.



Şekil 2.13. Çıkış katmanından hatanın geriye yayılması



Şekil 2.14. Gizli katmanlar boyunca hatanın yayılımı

Türev zincir kuralının kullanımıyla Eş. 2.9'da üç çarpandan oluşacak şekilde açılabilir. Bu çarpanların açılımı sırasıyla Eş. 2.10 – Eş. 2.12'deki eşitliklerde verilmiştir.

$$\frac{\partial J_r}{\partial w_{ij}^k} = \frac{\partial J_r}{\partial o_i^{k+1}} \frac{\partial o_i^{k+1}}{\partial S_i^{k+1}} \frac{\partial S_i^{k+1}}{\partial w_{ij}^k} \quad (2.9)$$

$$\frac{\partial J_r}{\partial o_i^{k+1}} = -(d_i - o_i^{k+1}) \quad (2.10)$$

$$\frac{\partial o_i^{k+1}}{\partial S_i^{k+1}} = \frac{d\psi(S_i^{k+1})}{dS_i^{k+1}} = \psi'(S_i^{k+1}) \quad (2.11)$$

$$\frac{\partial S_i^{k+1}}{\partial w_{ij}^k} = \frac{\partial}{\partial w_{ij}^k} \left[\sum_{j=1}^{n_k} w_{ij}^k o_j^k \right] = o_j^k \quad (2.12)$$

Eğer Eş. 2.13'de verilen kısmi türev, delta değeri olarak tanımlanırsa, çıkış katmanındaki nöronlar için delta değerinin genel hali Eş. 2.14'de verilen biçimde, parametredeki değişim miktarı ise Eş. 2.15'de verilen biçimde olacaktır.

$$\delta_i^{k+1} = \frac{\partial J_r}{\partial S_i^{k+1}} \quad (2.13)$$

$$\delta_i^{k+1} = (d_i - o_i^{k+1}) \psi'(S_i^{k+1}) \quad (2.14)$$

$$\Delta w_{ij}^k = \eta \delta_i^{k+1} o_j^k \quad (2.15)$$

Parametre güncelleme kuralı her bir çıkış nöronundan gelen hata bilgisini kullanarak bu hataların toplamından oluşan maliyeti uyarlanabilir. Parametreleri güncelleyerek minimize etmeyi amaçlamaktadır. Gizli katmandaki nöronların parametrelerinin nasıl güncellenmesi gerektiğini gösterebilmek için Eş. 2.9'daki eşitliği Eş. 2.16'da tekrar alırsak; Eş. 2.12'de kısmi türevlerini oluşturan terimler Şekil 2.14'de gösterildiği üzere, değişik yollardan gelebilirler. Bu durum Eş. 2.16'daki zincir kuralının ilk terimlerinin açık hali olan Eş. 2.17' de görülmektedir. Aynı terimin daha açık ifadeleri Eş. 2.18 ve Eş. 2.19'da verilmiştir.

$$\frac{\partial J_r}{\partial w_{ij}^k} = \frac{\partial J_r}{\partial o_i^{k+1}} \frac{\partial o_i^{k+1}}{\partial S_i^{k+1}} \frac{\partial S_i^{k+1}}{\partial w_{ij}^k} \quad (2.16)$$

$$\frac{\partial J_r}{\partial o_i^{k+1}} = \sum_{h=1}^{n_{k+2}} \left[\frac{\partial J_r}{\partial S_h^{k+2}} \frac{\partial}{\partial o_i^{k+1}} \left(\sum_{i=1}^{n_{k+1}} w_{hi}^{k+1} o_i^{k+1} \right) \right] \quad (2.17)$$

$$\frac{\partial J_r}{\partial o_i^{k+1}} = \sum_{h=1}^{n_{k+2}} \frac{\partial J_r}{\partial S_h^{k+2}} w_{hi}^{k+1} \quad (2.18)$$

$$\delta_i^{k+1} = \frac{\partial J_r}{\partial S_i^{k+1}} \quad (2.19)$$

$$\delta_i^{k+1} = \frac{\partial J_r}{\partial S_i^{k+1}} \quad (2.20)$$

Çıkış katmanı için yapıldığı gibi gizli katmanlar için de Eş. 2.20 ile verilen değerler tanımlanabilir. Bu tanımın kullanılması ile Eş. 2.16 eşitliğinin ilk terimi, Eş. 2.21 de gösterilen biçimde yazılabilir. Eş. 2.22 ve Eş. 2.23 ise, Eş. 2.20'de görülen ikinci ve üçüncü terimlerin daha açık ifade edilmiş durumlarıdır [57].

$$\frac{\partial J_r}{\partial o_i^{k+1}} = \sum_{h=1}^{n_{k+2}} \frac{\partial J_r}{\partial S_h^{k+2}} w_{hi}^{k+1} \quad (2.21)$$

$$\frac{\partial o_i^{k+1}}{\partial S_i^{k+1}} = \frac{d\psi(S_i^{k+1})}{dS_i^{k+1}} = \psi'(S_i^{k+1}) \quad (2.22)$$

$$\frac{\partial S_i^{k+1}}{\partial w_{ij}^k} = o_j^k \quad (2.23)$$

2.2.8. Levenberg Marquardt Algoritması

Bu algoritmaya göre bir YSA'da, hata değeri bulunduktan sonra nöronlar kendi hatalarını azaltmak için ağırlıklarını ayarlamak durumundadırlar. Ağırlık değiştirme denklemleri de ağırdaki performans fonksiyonunu en küçük yapacak şekilde düzenlenirler. Özellikle ileri beslemeli ağlarda kullanılan öğrenme algoritmaları, performans fonksiyonunu en küçük yapacak ağırlıkları ayarlayabilmek için, performans fonksiyonunun gradyenini kullanırlar.

Bu yaklaşım, pek çok problem için oldukça yavaştır. Buna alternatif olarak değişik algoritmalar geliştirilmiştir. Geliştirilmiş olan bu algoritmalar, 2 kategoriye ayrılırlar.

- Deneme-yanılma tekniklerini kullanan algoritmalar.
- Standart sayısal optimizasyon yöntemlerini kullanırlar. Levenberg-Marquardt algoritması da bu kategori içerisinde yer almaktadır.

Eşlenik gradyen öğrenme algoritmasına alternatif olarak sunulan Newton yöntemlerinde, temel adım Hessian matrisini elde etmektir. Hessian matrisi, performans fonksiyonunun ağırlıklara göre ikinci dereceden türevlerinden oluşan bir matristir. Eş. 2.24 deki Hessian matrisi, ağırlık uzayının farklı doğrultularındaki gradyen değişimini gösterir.

$$H(n) = \frac{\partial^2 E(n)}{\partial w^2 (n-1)} \quad (2.24)$$

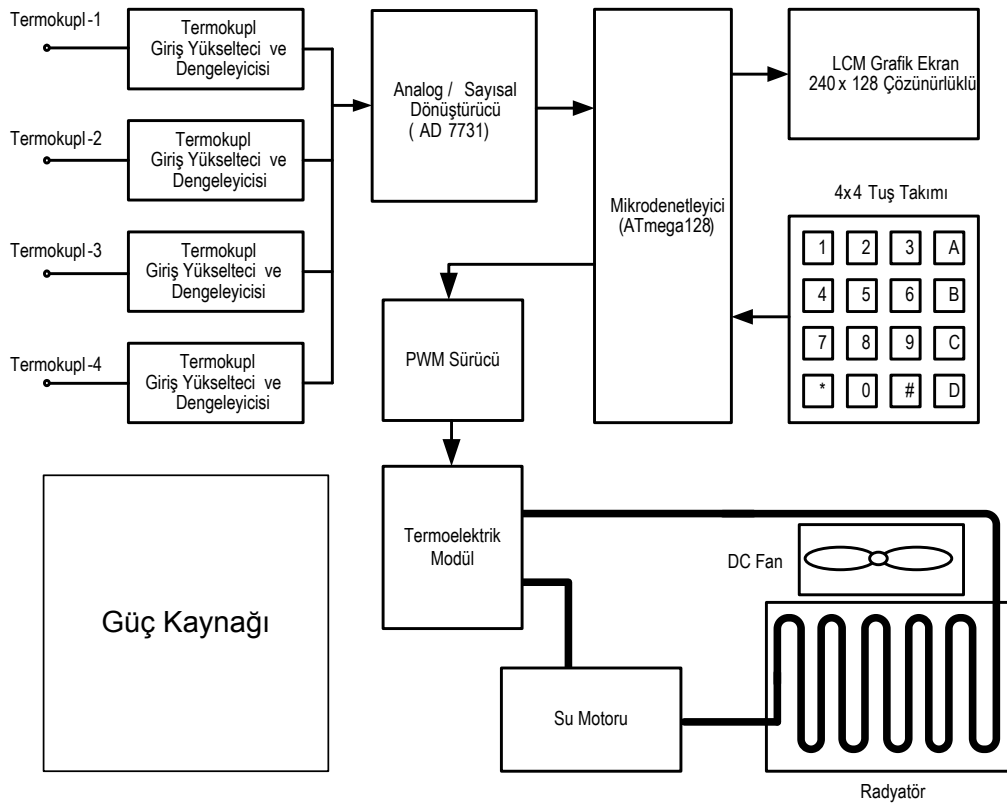
Burada H Hessian matrisi, E performans fonksiyonu, w ağırlık sinaptik ağırlığıdır. Levenberg–Marquardt algoritması da Quasi–Newton yöntemleri gibi, Hessian matrisinin yaklaşık değerini kullanır. Levenberg–Marquardt algoritması için Hessian Matrisinin yaklaşık değeri Eş. 2.25’den bulunabilir.

$$H(n) = J^T(n).J(n) + \mu I \quad (2.25)$$

Denklemindeki μ Marquardt parametresi, I ise birim matristir. Burada J matrisi, Jakobien matrisi olarak adlandırılır ve ağ hatalarının ağırlıklara göre birinci türevlerinden oluşur [59]. YSA modelinde kullanılan öğrenme algoritmaları ve bunların verdikleri sonuçlar incelendiğinde ayrıca deney sisteminin özellikleri de incelendiğinde en az hata ile tahminin Levenberg-Marquardt algoritması kullanılarak olduğu görülmüştür [47,60].

3. SICAKLIK KONTROLLÜ HİPOTERMİYA SİSTEMİNİN TASARLANMASI, GERÇEKLEŞTİRİLMESİ VE PERFORMANS ANALİZLERİ

Sıcaklık kontrollü hipotermiya deney sistemi genel olarak üç temel üniteden oluşmaktadır. Bunlar, güç kaynağı ünitesi, termoelektrik soğutma/ısıtma ünitesi, mikrodenetleyicili sıcaklık kontrol ünitesidir. Bu 3 temel üniteyi kapsayan blok diyagram Şekil 3.1.'de gösterilmiştir.



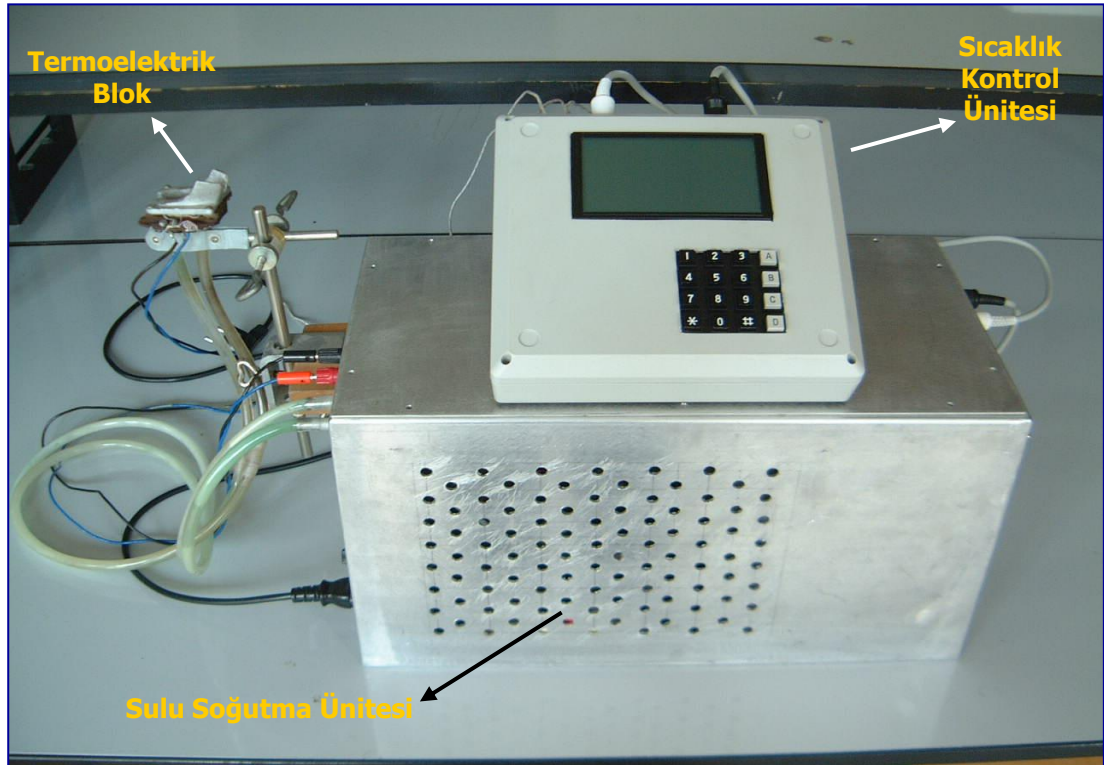
Şekil 3.1. Sıcaklık kontrollü hipotermiya sisteminin blok diyagramı

Güç kaynağı ünitesi tüm sistemin ihtiyaçlarını karşılayacak güçte ve kabul edilebilir regülasyon ve ripple (dalgacık) yüzde oranlarına sahip olacak şekilde tasarlanmıştır.

Sıcaklık kontrol ünitesinde kontrol elemanı olarak ATmega128 mikrodenetleyicisi kullanılmaktadır. Sıcaklığı ölçen devrede ise hassasiyet ve doğruluk çok önemlidir. Sıcaklık sensörünün mümkün olduğunca hassas ve

küçük boyutlarda olması istenen bir özelliktir. Bu yüzden sistemde sıcaklık sensörü olarak K tipi termokupl kullanılmıştır. Bunun dışında sistemde T tipi termokupllar da kullanılabilir.

Termoelektrik soğutucuda hem esnek hem de katı peltier eleman kullanılabilir. Bu sistemde katı modül tercih edilmiştir. Ayrıca rat beyni ile soğutucu modül arasına rat beynine uygun olarak hazırlanmış ısı iletimi iyi olan bir kalıp yerleştirilmiştir. Bu kalıp rat kafasına uygun bir şekilde hazırlanmıştır. Resim 3.1'de sistemin genel görüntüsü verilmiştir. Resimde sıcaklık kontrol ünitesi, sulu soğutma ünitesi ve termoelektrik modül bir arada görülmektedir. Termoelektrik modülde (peltier elemanda), elektrik akımının etkisiyle bir tarafında sıcaklık düşerken diğer tarafında sıcaklık artmaktadır [33,36].



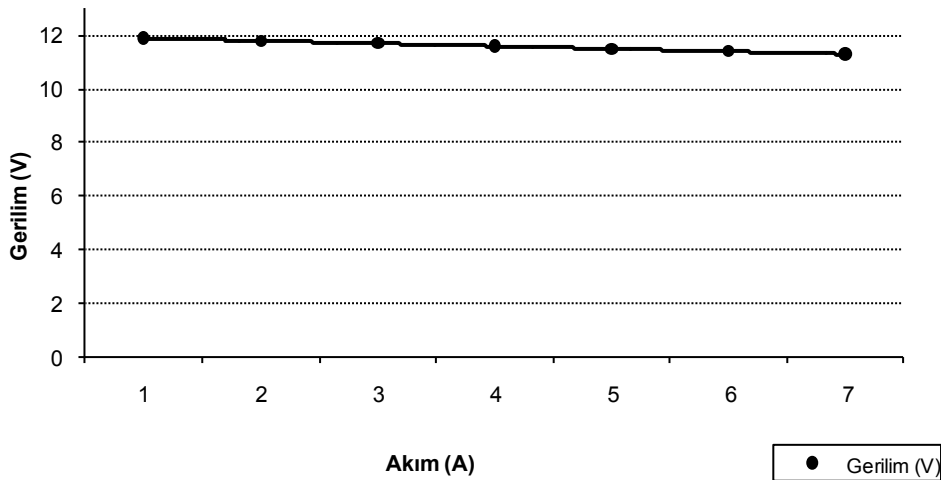
Resim 3.1. Deney sisteminin genel görüntüsü

3.1. Güç Kaynağı Ünitesi

Düşük regülasyon yüzdeleri güç kaynaklarının kullanılması sistemin düzgün bir şekilde çalışabilmesi için çok önemlidir. Sistemin normal çalışması için kullanılan güç kaynaklarının regülasyon yüzdesinin %10'un altında olması istenir [33, 34]. Güç kaynaklarının çıkışındaki gerilim yüksüz ve tam yüklü olarak ölçüldüğünde elde edilen değerler istenilen standartlara uygundur. Yani %10'un altında % 2 ile % 3 arasındadır. Güç kaynaklarının çıkışındaki gerilim yüksüz ve çeşitli yük değerlerine göre bulunarak aşağıdaki grafiklerde verilmektedir.

3.1.1. 12 V Güç kaynağının regülasyon eğrisi ve yüzdesi

12V'luk güç kaynağı, sistemde kullanılan termoelektrik modülü, soğutucu fanı beslemek için kullanılmaktadır. Özellikle termoelektrik modülün kararlı bir şekilde çalışabilmesi için çıkışı daha düzgün bir güç kaynağıyla beslenmesi gerekir. Bu yüzden devrede kullanılan güç kaynağının regülasyon eğrisinin daha düzgün ve regülasyon yüzdesinin daha düşük olması (maksimum %10) gerekmektedir. 12V'luk güç kaynağının regülasyon eğrisi Şekil 3.2'de gösterilmektedir



Şekil 3.2. 12V Güç kaynağının regülasyon eğrisi

Güç kaynağının regülasyon yüzdesi ise Eş. 3.1'de hesaplanmıştır.

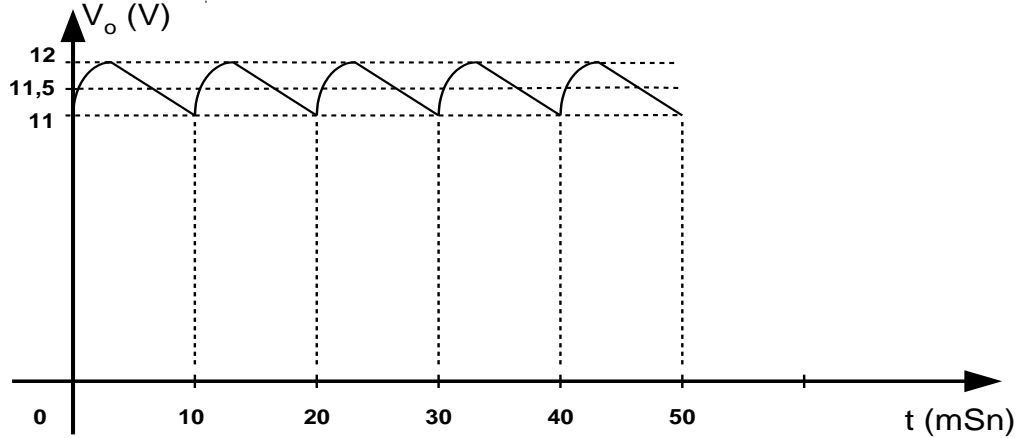
$$V_{O(yüksüz)} = 12,1 \text{ V}$$

$$V_{O(yüklü)} = 11,8 \text{ V}$$

$$\%Regülasyon = \frac{V_{O(yüksüz)} - V_{O(yüklü)}}{V_{O(yüksüz)}} \cdot 100 = \frac{12,1 - 11,8}{12,1} \cdot 100 = \%2,48 \quad (3.1)$$

3.1.2. 12 V Güç kaynağının ripple eğrisi ve yüzdesi

Sistemde kullanılan 12V'luk güç kaynağının ripple eğrisi Şekil 3.3'de verilmektedir. Burada güç kaynağı tam yükte çalıştırılmıştır. Güç kaynağından çekilen akım 5A'dır. Ayrıca eğriye göre ripple yüzdesi hesaplanmıştır. Normalde bu tür sistemlerde ripple yüzdesinin % 5'den düşük olması istenmektedir.



Şekil 3.3. 12V'luk güç kaynağı çıkışının ripple eğrisi

Ripple yüzdesi Eş. 3.2'de ve Eş. 3.3'de hesaplanmıştır;

$$V_{r_{pp}} = 12 - 11 = 1V$$

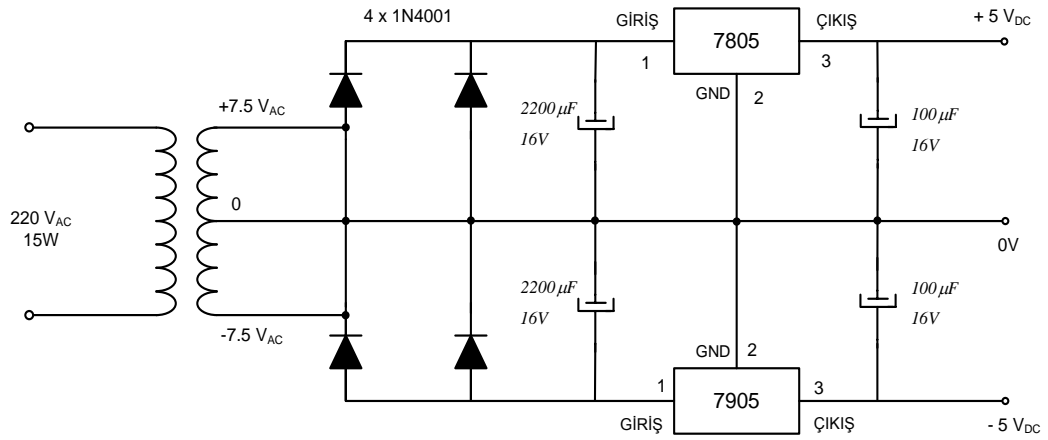
$$V_{r_{rms}} = \frac{V_{r_{pp}}}{2\sqrt{3}} = \frac{1}{2\sqrt{3}} = 0,288V \quad (3.2)$$

$$\%ripple = \frac{V_{r_{rms}}}{V_{DC}} \cdot 100 = \frac{0,288}{11,5} \cdot 100 = \%2,50 \quad (3.3)$$

Burada hesaplanan ripple yüzdesi kabul edilebilir değerler içerisindedir.

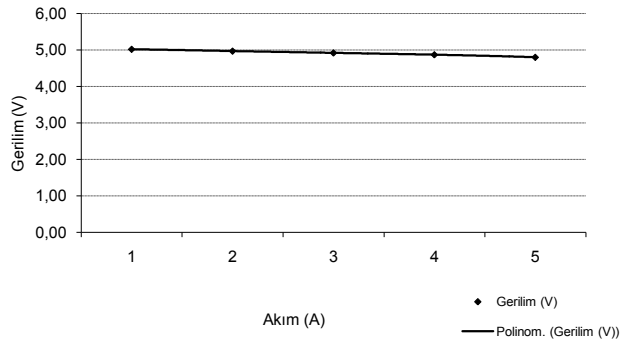
3.1.3. $\pm 5V$ Güç kaynağının regülasyon eğrisi ve yüzdesi

Şekil 3.4'de kontrol devresinin besleme devresinin açık şekli verilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi kontrol devresi pozitif ve negatif değerleri gösterebilmesi için simetrik beslemeye sahiptir.



Şekil 3.4. +5V 0 - 5V Simetrik güç kaynağı

Sistemdeki kontrol ve ölçüm devresi +5V 0 -5V'luk güç kaynağı ile beslenmektedir. Bu güç kaynağında +5V'luk çıkış 7805 regülatör entegresinin çıkışından alınmaktadır. 7805 regülatör entegresinin çıkışının regülasyon eğrisi Şekil 3.5'de gösterilmektedir.



Şekil 3.5. 7805 çıkışının regülasyon eğrisi

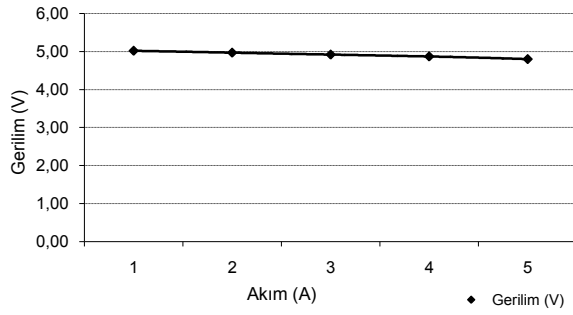
Güç kaynağının regülasyon yüzdesi ise Eş. 3.4'de hesaplanmıştır.

$$V_{O(yüksüz)} = 5,01 \text{ V}$$

$$V_{O(yüklü)} = 4,90 \text{ V}$$

$$\%Regülasyon = \frac{V_{O(yüksüz)} - V_{O(yüklü)}}{V_{O(yüksüz)}} \cdot 100 = \frac{5,01 - 4,90}{5,01} \cdot 100 = \%2,2 \quad (3.4)$$

Güç kaynağında -5V'luk çıkış 7905 regülatör entegresinin çıkışından alınmaktadır. 7905 regülatör entegresinin çıkışının regülasyon eğrisi Şekil 3.6'da gösterilmektedir.



Şekil 3.6. 7905 çıkışının regülasyon eğrisi

Güç kaynağının regülasyon yüzdesi ise Eş. 3.5'de hesaplanmıştır.

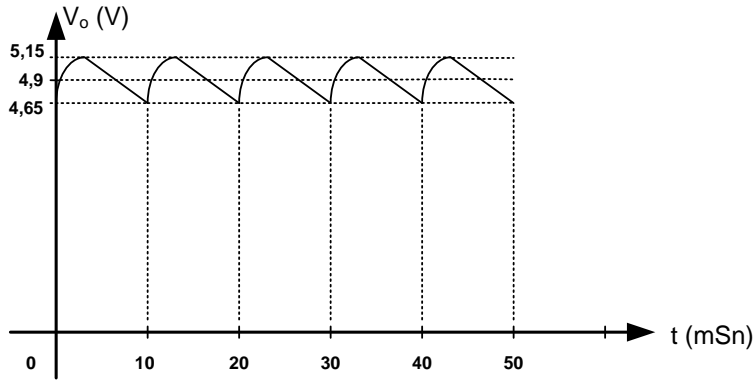
$$V_{O(yüksüz)} = -5,02 \text{ V}$$

$$V_{O(yüklü)} = -4,92 \text{ V}$$

$$\% \text{Regülasyon} = \frac{V_{O(yüksüz)} - V_{O(yüklü)}}{V_{O(yüksüz)}} \cdot 100 = \frac{(-5,02) - (-4,92)}{-5,02} \cdot 100 = \%1,99 \quad (3.5)$$

3.1.4. $\pm 5\text{V}$ Güç kaynağının ripple eğrisi ve yüzdesi

Şekil 3.7'de 7805 regülatör entegresinin çıkışından 0,5A akım çekilirken elde edilen ripple eğrisi görülmektedir.



Şekil 3.7. 7805 regülatör entegresi çıkışındaki ölçülen ripple eğrisi

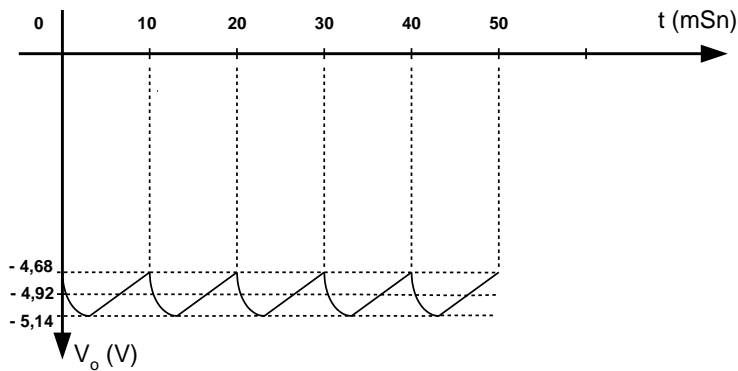
7805 entegre çıkışı için ripple yüzdesi Eş. 3.6 ve Eş. 3.7’de hesaplanmıştır;

$$V_{r_{pp}} = 5,15 - 4,65 = 0,5V$$

$$V_{r_{rms}} = \frac{V_{r_{pp}}}{2\sqrt{3}} = \frac{0,5}{2\sqrt{3}} = 0,144V \quad (3.6)$$

$$\%ripple = \frac{V_{r_{rms}}}{V_{DC}} \cdot 100 = \frac{0,144}{4,9} \cdot 100 = \%2,94 \quad (3.7)$$

Burada hesaplanan ripple yüzdesi kabul edilebilir değerler içerisinde. Şekil 3.8’de 7905 regülatör entegresinin çıkışından 0,5A akım çekilirken elde edilen ripple eğrisi görülmektedir.



Şekil 3.8. 7905 regülatör entegresi çıkışında ölçülen ripple eğrisi

7905 entegre çıkışı için ripple yüzdesi Eş. 3.8 ve Eş. 3.9'da hesaplanmıştır;

$$V_{r_{pp}} = 5,14 - 4,68 = 0,46V$$

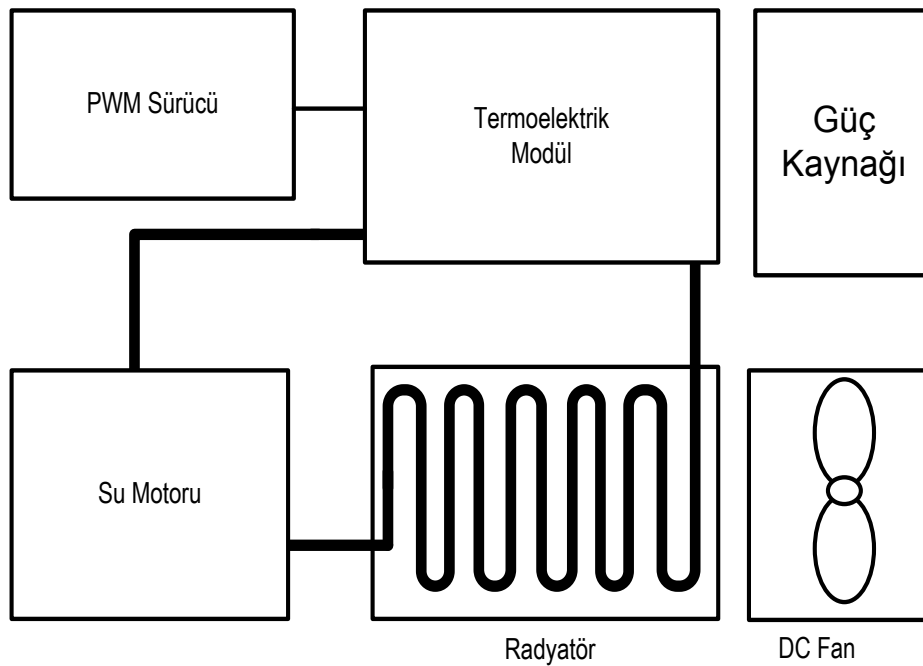
$$V_{r_{rms}} = \frac{V_{r_{pp}}}{2\sqrt{3}} = \frac{0,46}{2\sqrt{3}} = 0,13V \quad (3.8)$$

$$\%ripple = \frac{V_{r_{rms}}}{V_{DC}} \cdot 100 = \frac{0,13}{4,92} \cdot 100 = \%2,7 \quad (3.9)$$

Burada hesaplanan ripple yüzdesi kabul edilebilir değerler içerisindedir.

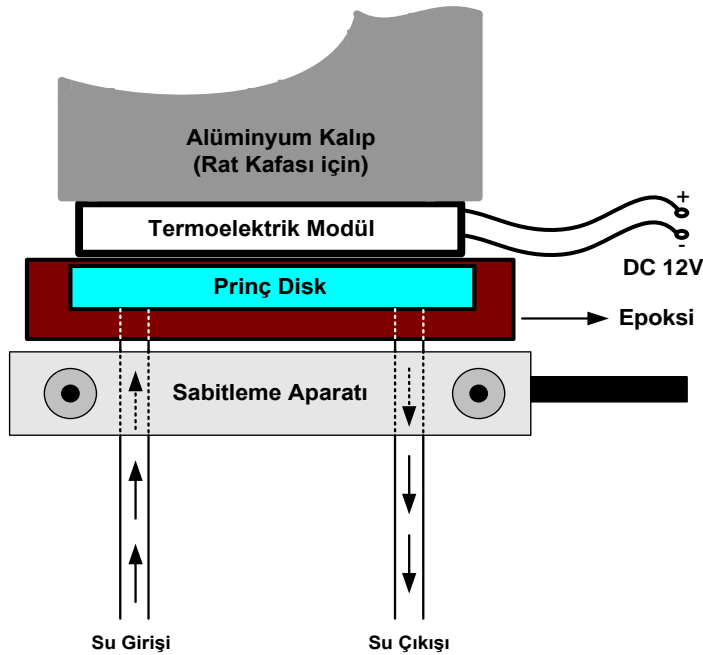
3.2. Termoelektrik Soğutma / Isıtma Ünitesi

Şekil 3.9'da Termoelektrik soğutma / ısıtma ünitesini gösteren blok diyagram verilmektedir. Bu ünite sistemin enerjisini sağlayan güç kaynağından, asıl soğutma işlemini gerçekleştiren termoelektrik modülden ve termoelektrik modülün sıcak tarafını soğutan sulu soğutma sisteminden meydana gelir.



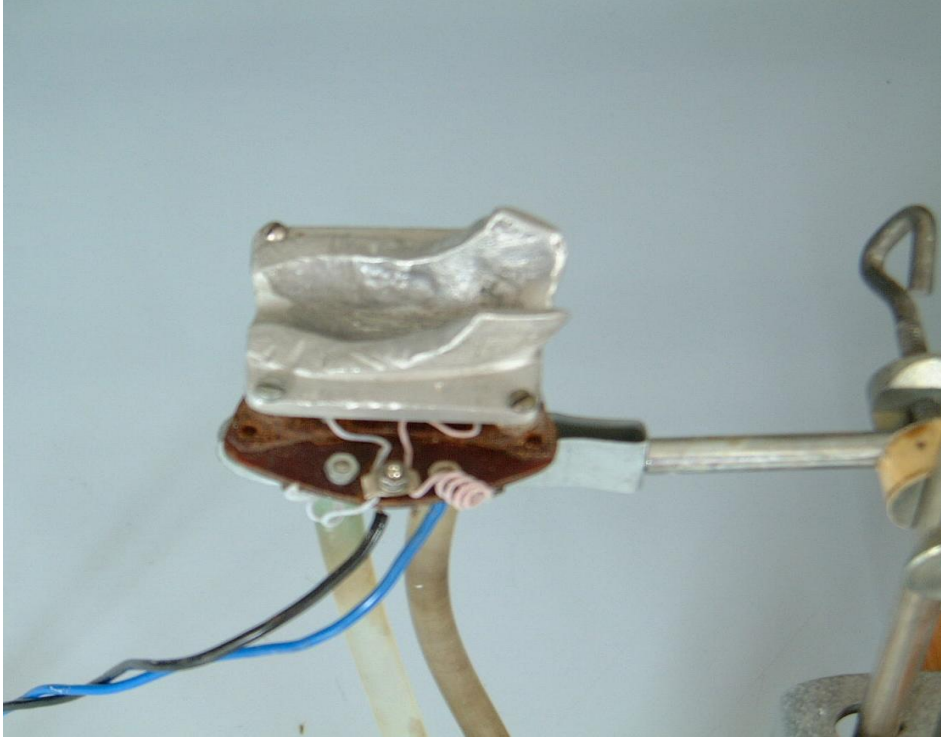
Şekil 3.9. Termoelektrik soğutma/ısıtma modülü blok diyagramı

Şekil 3.10'da ve Resim 3.2'de görüldüğü gibi sistemde katı modül tercih edilmiştir. Ayrıca rat beyni ile soğutucu modül arasında rat beynine uygun olarak hazırlanmış ısı iletimi iyi olan alüminyum bir kalıp yerleştirilmiştir. Bu kalıp rat kafasına uygun bir şekilde hazırlanmıştır. Bu kalıptan ayrıca tüm rat bedeni içinde hazırlanmıştır. Termoelektrik soğutma modülünde elektrik akımının etkisiyle bir tarafta sıcaklık düşerken diğer tarafta sıcaklık artmaktadır. Bu artan sıcaklık bertaraf edilmezse termoelektrik modül kısa zamanda bozulur. Bunu önlemek için ısınan yüzeyin ısınıpını düşürmek gerekir. Bunun için değişik yöntemler vardır. Bunlardan bazıları; alüminyum soğutucu koymak suretiyle, fan koymak suretiyle ve sıvı dolaştırmak suretiyle yapılan soğutmalarıdır. Bu sistemde sıvı soğutma kullanılmıştır. Sıvı olarak da su kullanılmıştır. Bu soğutma sistemi en etkili yöntemlerden biridir. Sıvı soğutma sistemi, yeterince güce sahip bir su motoru, suyun depolandığı bir radyatör ve depolanan suyun soğutulduğu bir DC beslemeli fandan oluşmaktadır. Bu birimler arasında su iletimini sağlamak için plastik hortumlar kullanılmıştır [33, 34].



Şekil 3.10. Termoelektrik modülün yapısı

Termoelektrik modüle uygulanan gerilimin kutupları değiştirilmek suretiyle soğutucu modülün soğuyan tarafı ısınır, ısınan tarafı soğur. Sistemde kutupları değiştirmek için bipolar ve CMOS kontrol devrelerinden meydana gelen H-Köprü (H-Bridge) sürücü entegresi kullanılmıştır. Bu entegrenin kontrolü ise mikrodenetleyici yardımıyla yapılmaktadır. H-Köprü sürücü entegresi hem termoelektrik modülün kutuplarını değiştirir hem de modülün enerjini kesebilir. Eğer istenirse manuel kontrol için de ayrıca bir komitatör kullanılabilir [33, 34].



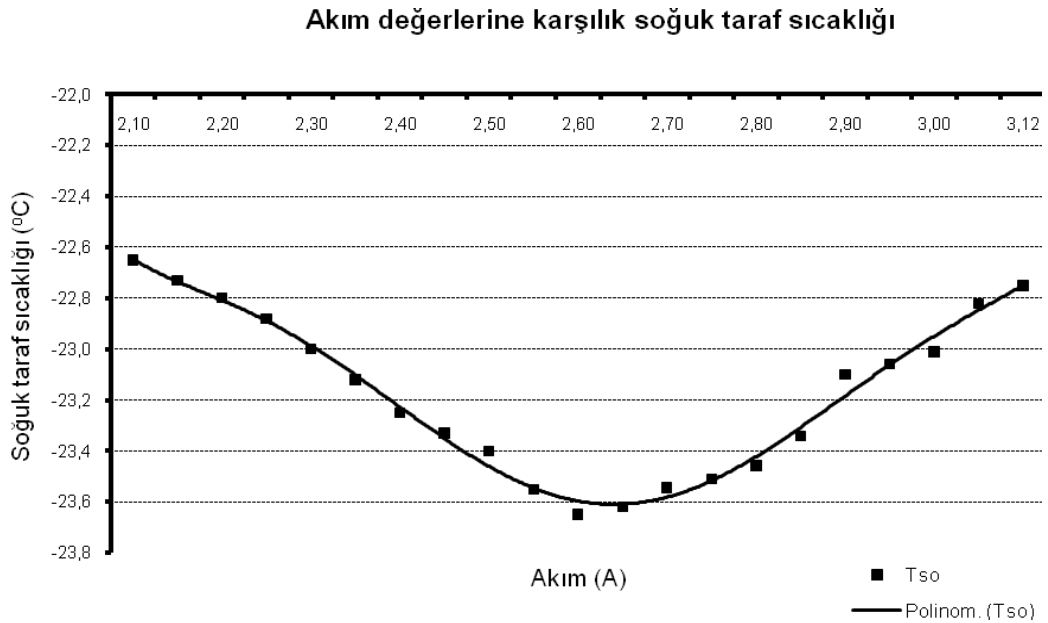
Resim 3.2. Termoelektrik modülün görüntüsü

3.2.1. Termoelektrik modülün parametre değerlerinin tespit edilmesi

Rat'lar üzerinde hipotermiya deneyleri yapmak üzere tasarlanan sistem içerisinde bir adet termoelektrik modül bulunmaktadır. Sistem içerisindeki termoelektrik modüle ait parametrelerin tespit edilebilmesi için bir dizi deneyler yapılmıştır. Bu deneyler, Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Elektronik Laboratuvarında yapılmıştır. Bu

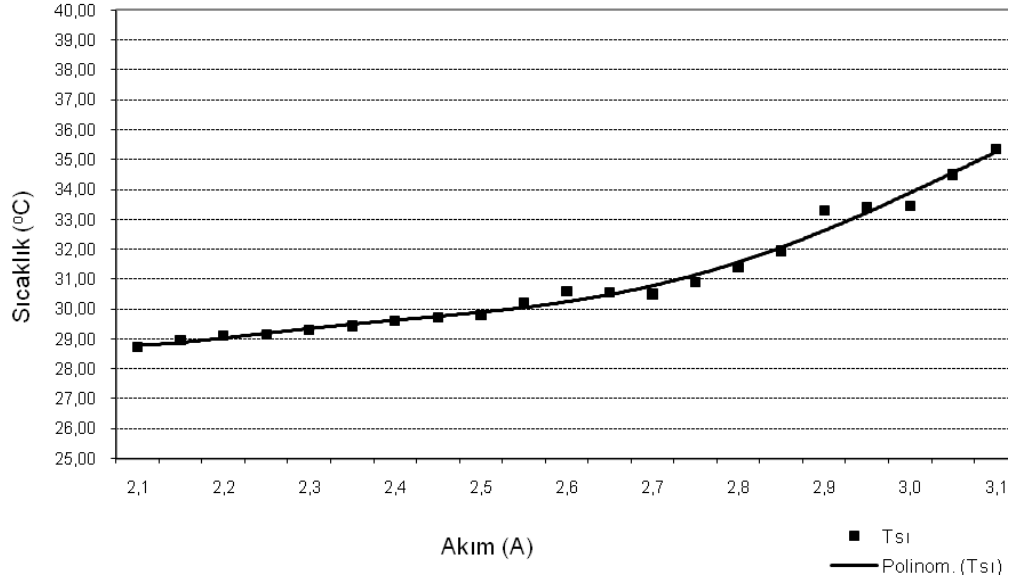
deneyde termoelektrik modüller için mikrodenetleyici kontrollü yeni bir test sistemi kullanılmıştır [38].

Deney sistemi içerisindeki modülün ısınan yüzeyinin soğutulması için termoelektrik test sisteminde olduğu gibi su devir daimli bir soğutucu kullanılmaktadır. Termoelektrik modülün temel parametrelerini belirlemek üzere, termoelektrik modül sistem içerisinde sabit tutularak dış ortam ısı yükünden tamamen yalıtılabilmesi için 5 cm kalınlığında poliüretan köpükle kaplanmıştır. Termoelektrik modülün soğuyan yüzeyinin alabileceği minimum sıcaklık değerini tespit edebilmek için modülün çektiği akım 2,10 A'den başlayarak 0,05 A'lik aralıklarla 3,12 A'e kadar arttırılmıştır. Şekil 3.11'de görüldüğü gibi sıcaklık 2,60 A'de minimum değerini almakta ve daha sonra tekrar yükselmektedir.



Şekil 3.11. Termoelektrik modüle uygulanan akıma göre soğuyan yüzey sıcaklık değerleri

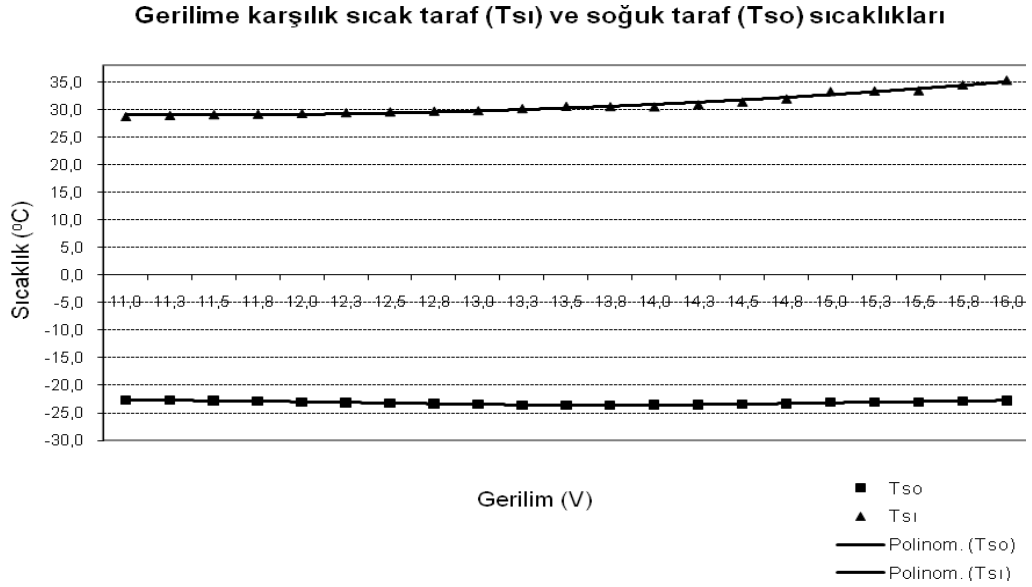
Şekil 3.12'de termoelektrik modülden geçen akıma karşılık gelen modülün sıcak taraf sıcaklık değerleri görülmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere peltier eleman 3,12 A akım çektiğinde maksimum sıcak taraf sıcaklık değerine ulaşılmaktadır.

Akım değerlerine karşılık sıcak taraf (T_{s1}) sıcaklıkları

Şekil 3.12. Akım değerine karşılık sıcak taraf sıcaklıkları

Geliştirilen yöntemin temel prensipleri gereği soğuk yüzey sıcaklığı, T_{so} , minimum değerini alması için termoelektrik modüle uygulanan maksimum gerilim değeri V_{max} olarak, modül tarafından güç kaynağından çekilen akım değeri I olarak ve modüle uygulanan akım kesildiğinde oluşan emk değeri de E_{max} olarak tespit edilmiştir.

Şekil 3.13'de termoelektrik modüle uygulanan gerilime karşılık gelen modülün soğuk taraf ve sıcak taraf sıcaklık değerleri görülmektedir. Soğuk taraf sıcaklıkları gerilim ekseninin altında, sıcak taraf sıcaklıkları gerilim ekseninin üzerindedir.



Şekil 3.13. V_{max} gerilimine karşılık soğuk taraf ve sıcak taraf sıcaklıkları

Bir termoelektrik modüle ait temel parametreler belirlendikten sonra modül etrafındaki poliüretan köpük çıkartılmıştır. Test sistemi çalıştırılmış ve Çizelge 1'deki değerler ölçülmüştür. Elde edilen bu değerler termoelektrik modüle enerji verildikten 4 dk sonra elde edilen sonuçlardır [35].

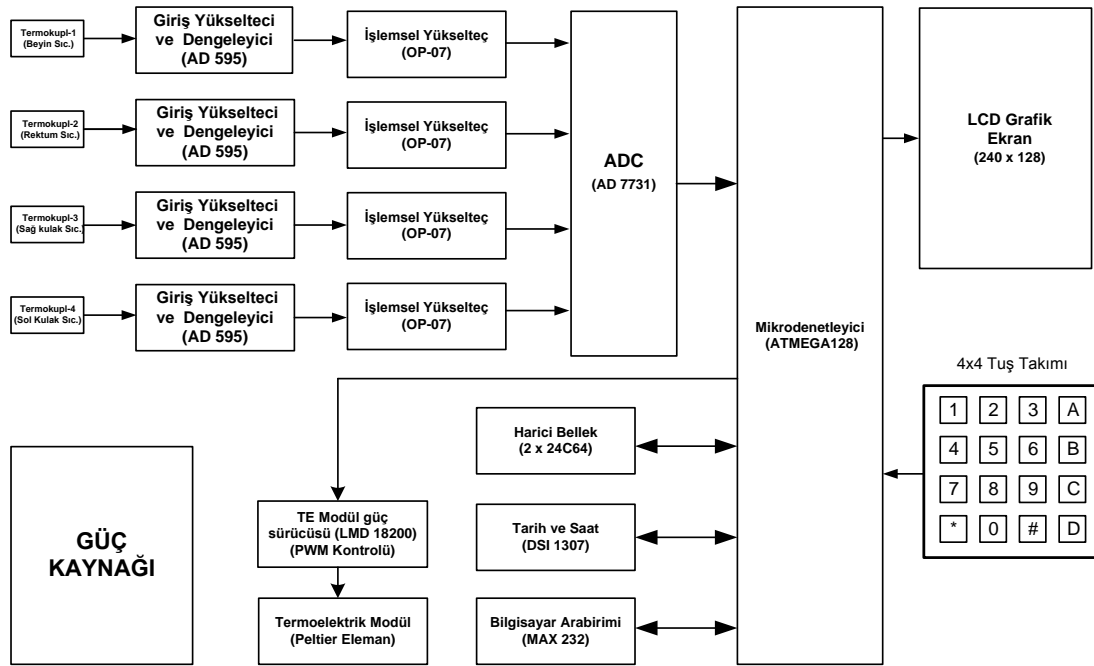
Çizelge 3.1. Termoelektrik test sistemi çalıştırdıktan sonraki değerler

V_{max} (Volt)	I (Amp.)	T_{s0} (°C)	T_{s1} (°C)	E_{max} (Volt)	E (Volt)	Q_c (W)	P (W)	COP (%)	Z (* $10^{-3} K^{-1}$)
13,50	2,60	-23,65	30,60	3,20	1,90	9,43	34,29	0,28	2,50

3.3. Sıcaklık Kontrol Ünitesi

Sistemde gerçekleştirilen mikrodenetleyicili sıcaklık kontrol ünitesi termoelektrik soğutma/ısıtma sisteminin sıcaklığının yanı sıra üç farklı noktadaki sıcaklıkları ayrı ayrı ölçüp, sıcaklıkların önceden belirtilen değerler arasında kalmasını sağlamak için tasarlanmıştır. Burada kontrol termoelektrik modülün polaritelerinin değiştirilmesiyle ve termoelektrik sistemi besleyen

güç kaynağının çıkışının PWM (Pulse Width Modulation) kontrolüyle gerçekleştirilmektedir. Devredeki bir düzenlemeyle dört termokupl içerisinde herhangi birisi hem ölçüm hem de termoelektrik modülün soğutma ve ısıtma yapmasını kontrol etmek için seçilebilecektir. Bu termokupl için alt ve üst sıcaklık değerleri girilecek, eğer sıcaklık alt sınırın altına düşerse termoelektrik modül ısıtma yapacak, sıcaklık üst değerin üzerine çıkarsa termoelektrik modül soğutma yapacaktır. Diğerleri ise istenilen bölgelerdeki sıcaklıkları ölçüp sıcaklık tehlikeli boyutlara ulaştığında termoelektrik modülün çalışmasını durdurmak için kullanılır. Diğer üç termokupl için alt ve üst sınır değerleri girilecektir. Eğer bu sınır değerlerinin birinin alt sınırının altına inilirse besleme gerilimi kesilerek termoelektrik modülün çalışması durdurulmaktadır. Sıcaklığın normal değerlere ulaşması için çevre koşullarına göre 1 dk ile 3 dk arasında süre geçmektedir.



Şekil 3.14. Mikrodenetleyicili sıcaklık kontrolü ünitesinin blok diyagramı

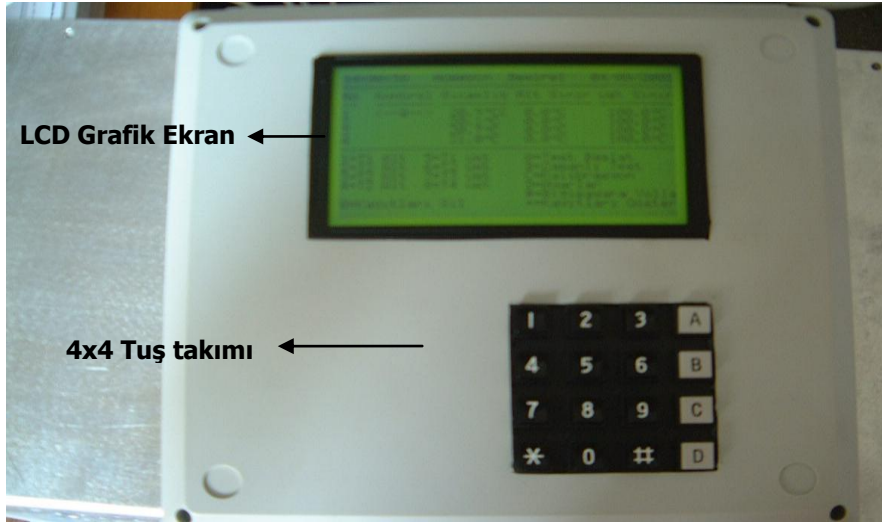
Şekil 3.14'de mikrodenetleyicili sıcaklık kontrol ünitesinin blok şeması ve Resim 3.3'de kutulanmış kontrol ünitesinin fotoğrafı gösterilmektedir. Şekil 3.14'de giriş kısmında bulunan Termokupllar kromel-alumel den yapılmış K

tipi termokupllardır. Termokupl giriş yükselteci ve kompanzatörü ise termokupldan gelen düşük genlikli ve lineer olmayan sinyalleri yükseltir. Ayrıca soğuk nokta kompanzasyonu yaparak sıcaklık ölçümünde daha doğru bir sonuç alınmasını sağlar. Sistemde AD595 entegresi, termokupldan gelen sinyali yükseltmek amacıyla önceden kalibre edilmiş yükselteçle birlikte bir soğuk nokta referansından oluşmaktadır. Analog/Dijital dönüştürücü ise termokupl giriş yükselteci ve kompanzatöründen gelen analog sinyalleri dijital sinyallere dönüştürecektir. A/D dönüştürücü, 24-bit çözünürlükte 600 Hz hızında örnekleme yapılabilir.

Mikrodenetleyici ünitesinde ise C dilinde yazılmış kontrol programları bulunmaktadır. Bu sistemde mikrodenetleyici olarak Atmega 128 kullanılmıştır. Bu işlemcinin en önemli özelliği geniş bir bellek kapasitesine (128KB) sahip olmasıdır. Böylece ölçülen sıcaklık değerleri kaydedilir ve istenildiği zaman LCM ekranında gösterilebilir. 4x4 Keyboard, kullanıcının sistemi kontrol etmek için kullandığı bir arabirim rolü üstlenmektedir. 240x128 çözünürlüğe sahip olan grafik LCM ekran ise sıcaklık değerlerini ve kontrol değerlerini göstermek için kullanılır.

Sistemde bulunan güç kaynağı ise bütün sistemin beslemesini sağlamak içindir. Burada termokuplların ölçtüğü negatif sıcaklıkları da görebilmek için besleme kaynağının simetrik olması gerekir. Mikrodenetleyicili sıcaklık kontrol ünitesinin daha verimli ve kararlı çalışabilmesi için termokupl çıkışlarının doğrusallaştırılması gerekmektedir. Bu işlem Termokupl giriş yükselteci ve kompanzatörü aracılığı ile yerine getirilmiştir. Mikrodenetleyiciyle istenilen biçimde sıcaklık kontrolü yapabilmek için mikrodenetleyiciyi uygun bir programlama dili ile programlamak gerekmektedir. Burada programlama dili olarak C derleyicisi olan Code Vision AVR (Atmel Versatile Risc) kullanılmıştır. Mikrodenetleyicinin kontrolünü sağlayan program, bilgisayar ortamında Code Vision AVR'ye ait paket program yardımıyla yazıldıktan sonra seri port yardımıyla AVR kartı

üzerindeki mikrodenetleyiciye yüklenir. Ayrıca mikrodenetleyici kontrol kartı üzerinden çıkarılmadan de seri port yardımıyla programlanabilir [33-34].



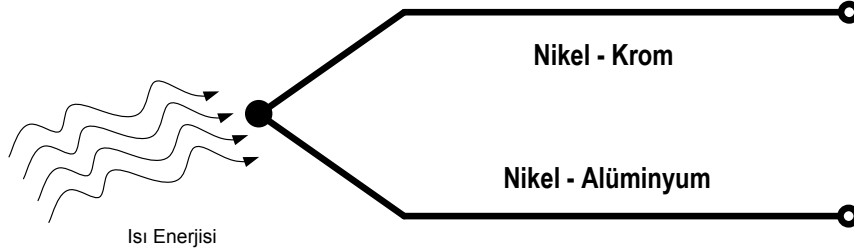
Resim 3.15. Sıcaklık kontrol ünitesi

3.3.1. Termokupl ve termokupl giriş yükselteci

Termokupllar iki farklı metalin birleşmesinden meydana gelir. Bu iki farklı metalin birleştiği noktaya ısı uygulanırsa, metallerin diğer uçlarında “Seebeck gerilimi” denilen bir gerilim meydana gelir. Bu meydana gelen gerilimin büyüklüğü metallerin cinsine ve uygulanan ısı miktarına bağlıdır. Bu gerilim değeri genellikle 100mV’dan daha azdır. Elde edilen gerilim ile sıcaklık arasındaki ilişki doğrusal olmasa da sıcaklığa karşılık elde edilen gerilim değeri önceden tahmin edilebilecek şekildedir. Termokupllar endüstride çok küçük sıcaklıklardan çok yüksek sıcaklıklara kadar çok geniş bir uygulama alanına sahiptirler [61, 62].

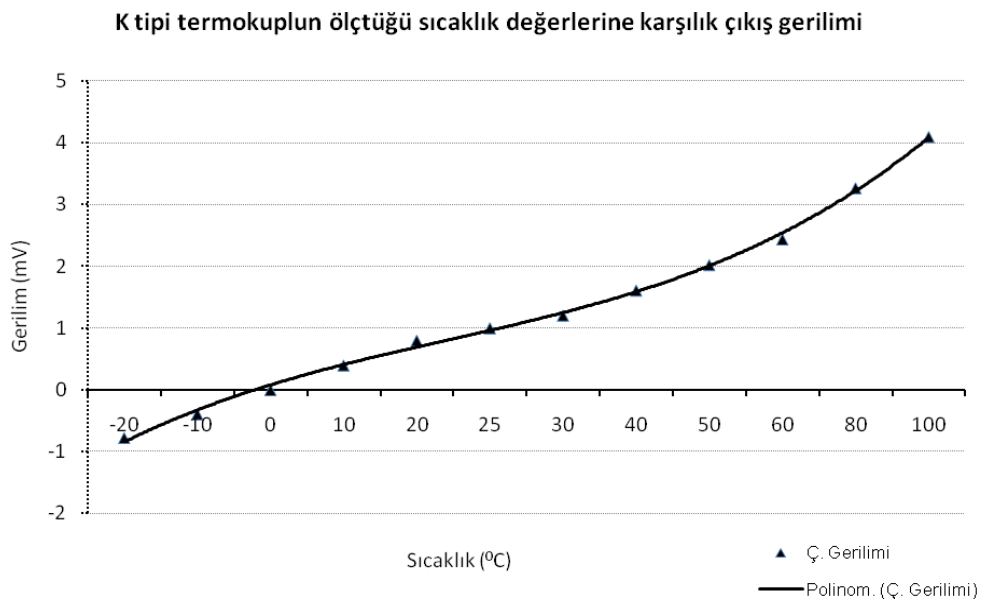
Şekil 3.15’de basit bir K tipi termokuplun yapısı görülmektedir. Deney sisteminde kullanılan termokupl K tipi termokupldur. K tipi termokupl Kromel (+) ve Alumel (-) malzemelerinin birleşiminden meydana gelmiştir. Kromel –

Alumel malzemelerinin birleşimine sıcaklık uygulanırsa çıkış uçlarında sıcaklıkla orantılı olarak μV 'lar veya mV 'lar seviyesinde gerilimler elde edilir.



Şekil 3.15. K tipi termokuplun yapısı

Şekil 3.16'da K tipi termokuplun kataloğundan elde edilen verilere göre sıcaklık-gerilim ilişkisini gösteren grafik görülmektedir [63]. K tipi termokupllar, $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ sıcaklık aralığında rahatlıkla kullanılabilir. Hassasiyeti yaklaşık olarak $41\mu V/^{\circ}\text{C}$ 'dir. Piyasada kolaylıkla bulunabilmesi, bizim ölçüm aralığımızı kapsamaması ve maliyetinin düşük olması sebebiyle K tipi termokupl tercih edilmiştir. Şekil 3.16'da da görüldüğü gibi termokupl çıkış gerilimi çok düşüktür. Bu gerilimi kullanabilmek için bu gerilimin yükseltilmesi gerekir. Bunun için Termokupl yükseltici kullanılmaktadır [64].

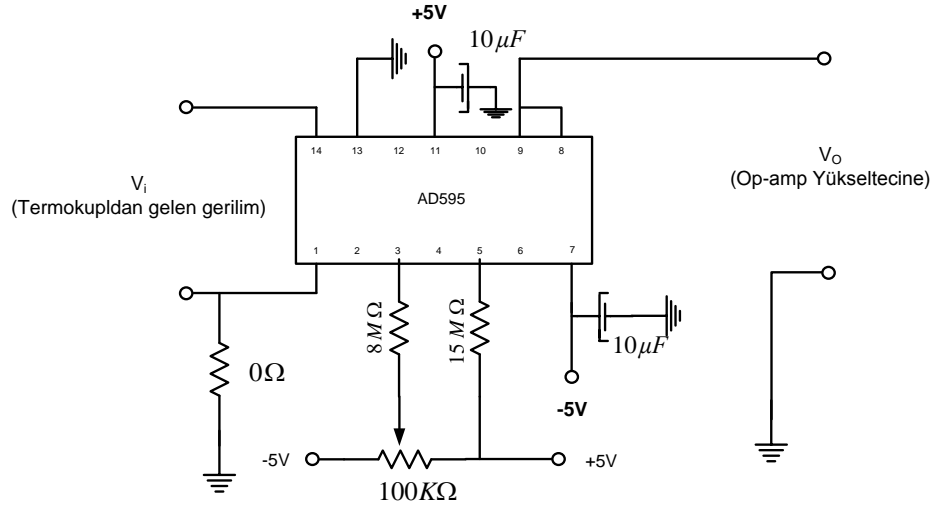


Şekil 3.16. K tipi termokupl'da sıcaklık - gerilim ilişkisi

AD 595, bir tek yapı içinde tamamen bir enstrumantasyon yükselteci ve termokupl soğuk taraf kompanzatorüdür. Entegre, termokupldan gelen sinyali yükseltmek amacıyla önceden kalibre edilmiş yükselteçle birlikte bir soğuk nokta referansından oluşmuştur. Bacak bağlantıları değiştirilerek doğrusal yükselteç – kompanzatorü veya anahtarlanmış çıkış ayar noktası kontrolcüsü olarak kullanılabilir. Entegre, kompanzasyon gerilimini direk olarak kuvvetlendirmek için kullanılabilir. Böylelikle bu gerilim düşük empedanslı gerilim çıkışlı tek başına santigrat dönüştürücüsü olarak kullanılır. AD 595, termokuplün bir veya her iki bacağı temas etmezse diye bir termokupl hata alarmına sahiptir. Alarm çıkışı, TTL sürücü kapasiteli değişebilir formata sahiptir.

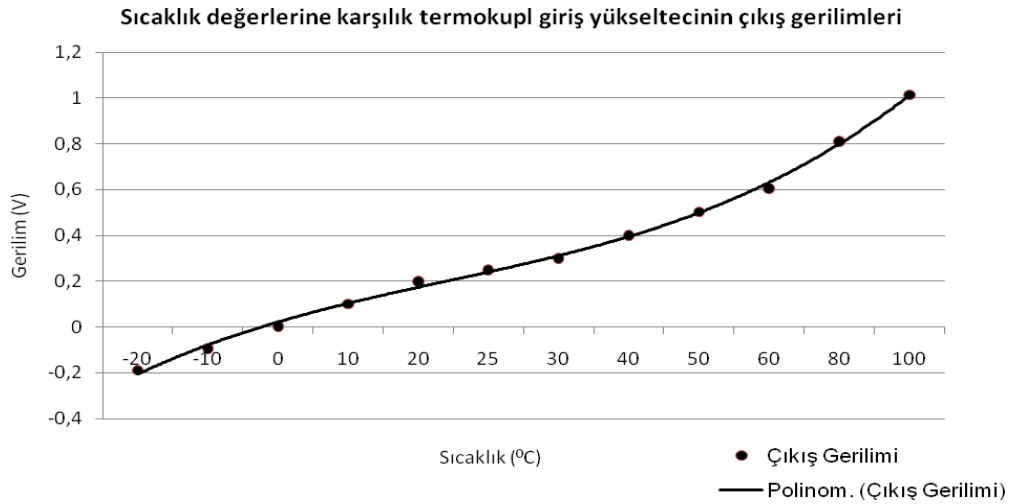
AD 595, tek kaynakla beslenebilir ve sıfırın altındaki ölçebilmek için bir negatif kaynağı da kapsamaktadır. AD 595 yüksüz durumda kendi kendine ısınmayı önlemek için 160 μ A 'lik besleme akımıyla çalıştırılır. Fakat yüklü durumda bu akım değeri 5 mA 'e çıkabilir. AD 595, K tipi girişler için lazer yöntemiyle ayarlanmıştır. Entegre paketi uçlarında, iki veya üç direncin eklenmesiyle, termokupl tiplerine göre devrenin yeniden kalibre edilmesi amacıyla sıcaklık dönüştürücü gerilimleri ve kazanç kontrol dirençleri kullanılabilir. Her iki termokupl ve termometre uygulamaları için bu bacıklar daha hassas kalibrasyona izin verir. AD 595 iki performans derecesi içinde kullanılabilir; C ve A versiyonları $\pm 1^{\circ}C$ ve $\pm 3^{\circ}C$ lik kalibrasyon doğruluklarına sahiptirler. Her ikisi de 0 $^{\circ}C$ ile + 50 $^{\circ}C$ arasında kullanılmak için tasarlanmıştır ve 14 pine sahiptir [64, 65].

Şekil 3.17'de deney sistemindeki termokupl çıkışını yükselten termokupl çıkış yükselteci görülmektedir. Bu çıkış yükselteci bir farksal yükselteç olup, termokuplların çıkış gerilimleri çok düşük ve tam kararlı olmadıklarından dolayı böyle bir devreye ihtiyaç duyulmuştur. Devrenin çıkışı hem kararlı hem de yüksek çıkış gerilimine sahiptir [64].



Şekil 3.17. Termokupl çıkış yükselteci

Devrenin ölçülen sıcaklık – gerilim ilişkisi Şekil 3.18’ de gösterilmiştir. K tipi termokupl çıkışını gösteren Şekil 3.16’daki grafikte birkaç milivolt seviyesinde olan termokupl çıkış seviyesi Şekil 3.18’deki AD 595 çıkışını gösteren grafiğe baktığımızda yaklaşık 200 kat yükselerek volt seviyesine çıkmıştır.



Şekil 3.18. Termokupl çıkış yükselteci devresinin sıcaklık gerilim ilişkisi

Yukarıda anlatılanların yanı sıra deney sisteminde, AD 595’in kullanılmasının sebebini aşağıdaki maddelerle özetleyebiliriz:

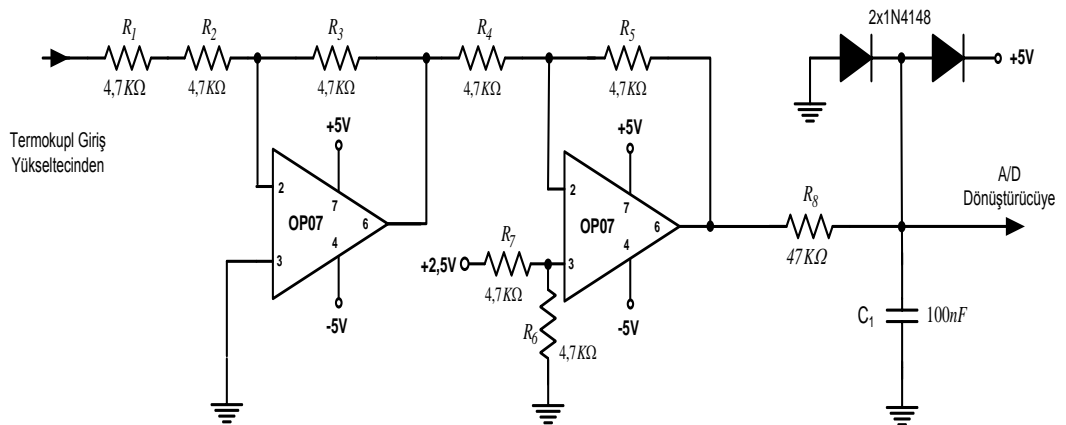
1. AD 595 bir entegre paketi içinde soğuk taraf kompanzasyonu, yükseltme ve tamponlanmış çıkış sağlar.

2. Kompanzasyon, sıfır ayarı ve skala faktörü ayarları çok hassas ayarlıdır.
3. Esnek pin çıkışları ayar noktalı kontrolü veya tek başına sıcaklık dönüşüm kalibrasyonu (santigrad dereceli) olarak çalışmasını sağlar.
4. Düşük dereceli akımına sahip olması ve +5 V ile +30 V arasındaki beslemelerle çalışabilmesi çoğu uygulamalarda kullanımını kolaylaştırmaktadır.
5. Diferansiyel girişler, termokupl çıkışlarındaki ortak mod gürültü sinyali gerilimlerini bastırmaktadır. (CMRR (Common Mode Rejection Ratio) oranı: minimum $-V_S - 0,15$ maksimum $+V_S$ 'dir.)

3.3.2. Yükselteç devresi

Şekil 3.19'da devre şeması görülen yükselteç devresi, OP-07 op-amları üzerine kurulu ve $\pm 1,28V$ aralığında değişen girişleri A/D dönüştürücünün $1,22 - 3,78 V$ 'luk giriş aralığına uyduran bir devredir. İlk kat eviren tarzda çalışan bir zayıflatıcıdır ve güçlü giriş sinyallerini zayıflatır. İlk katın çıkışında görülen V_1 gerilimi Eş. 3.10'dan bulunur.

$$V_1 = -V_{IN} \frac{R_3}{R_1 + R_2} \quad (3.10)$$



Şekil 3.19. Yükselteç devresi

Termokupl yükseltici için ise $R_1=R_2=R_3=4,7K\Omega$ seçilmiştir. İkinci kat birim kazançlı çıkarıcı devresidir ve pozitif girişine uygulanan $V_{ref}= 2,5V$ geriliminden V_1 gerilimini çıkartır. Elde edilen V_2 geriliminin formülü Eş. 3.11'de görüldüğü gibidir:

$$V_2 = 2,5V \left(1 + \frac{R_5}{R_4} \right) \left(\frac{R_6}{R_6 + R_7} \right) - V_1 \left(\frac{R_5}{R_4} \right) \Rightarrow V_2 = 2,5V + V_{IN} \frac{R_3}{R_1 + R_2} \quad (3.11)$$

Formüllerden de anlaşılacağı üzere, bu devrenin amacı, zayıflatıcı çıkışında görülen ve $\pm 1,28V$ aralığında değişen V_1 gerilimini, A/D dönüştürücünün ihtiyaç duyduğu $2,5V \pm 1,28V$ 'luk giriş aralığına uydurmaktır. Böylece A/D dönüştürücüden elde edilen veriler işaretli ikili sayılar halinde olmaktadır. $R_4=R_5=R_6=R_7= 4.7K\Omega$ olarak seçilmiştir.

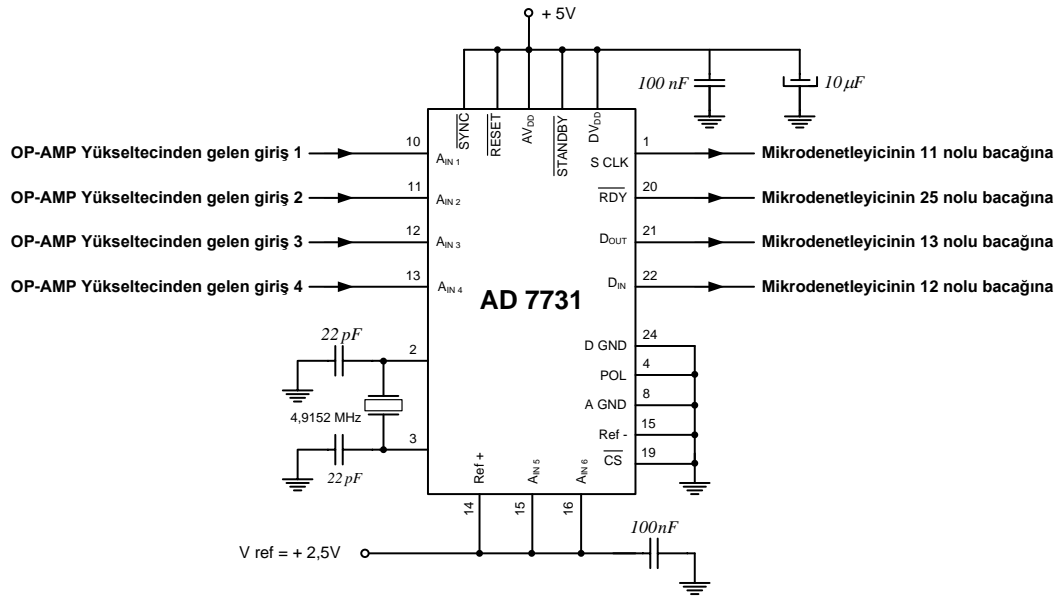
V_2 gerilimi A/D dönüştürücüye uygulanmadan önce bir alçak geçiren filtreden geçirilir. Bu filtre A/D dönüştürücüye sadece ilgilendiğimiz frekans bandında bulunan (0- 33 Hz) sinyallerin gönderilmesine izin verirken, gürültünün filtre edilmesini sağlamaktadır. Filtre devresi ayrıca çıkışında yer alan kenetleyici devre ile birlikte statik elektrik deşarjından kaynaklanabilecek zararları önleyici ek bir tedbir olmaktadır. Filtrenin kesim frekansı Eş. 3.12'den bulunur.

$$f_{üst} = \frac{1}{2\pi R_8 C_1} \quad (3.12)$$

A/D dönüştürücünün yüksek giriş empedansı sayesinde R_8 direncini oldukça yüksek tutmak mümkün olmaktadır. Burada $R_8=47K\Omega$ ve $C_1= 100nF$ değerleri kullanarak $f_{üst}=33Hz$ olarak ayarlanmıştır. Filtrelenmiş gerilim, A/D dönüştürücünün girişine statik gerilimi önleyen ve iki adet silisyum diyottan oluşan kenetleyici devresi üzerinden verilir. Böylece A/D dönüştürücü girişlerine gelebilecek gerilim değeri $-0,7$ ile $+5,7 V$ aralığında sınırlandırılarak A/D dönüştürücü girişleri korunmuş olur [66].

3.3.3. A / D dönüştürücü

Kullanılan A/D dönüştürücü, 24-bitlik bir Sigma-Delta (Σ - Δ) dönüştürücüdür. İçinde programlanabilir kazançlı bir farksal yükselteç, 5-kanal katlama görevini üstlenen bir katlayıcı, Sigma-Delta modülatörü, filtreleme yapan dahili FIR (Finite Impulse Response) filtreleri, dc kaymayı azaltmak amacıyla devreye alınabilen kıyıcılar ve dönüştürme işlemlerinin kontrolünden sorumlu bir yerel mikroişlem ünitesi bulunmaktadır. Yapılan örnekleme bir üç telli seri iletişim hattı üzerinden kaydedildikleri kaydedicilerden alınarak sistemin mikrodenetleyicisine aktarılmaktadır. A/D dönüştürücü olarak, şeması Şekil 3.20'de verilmiş olan ve Analog Devices AD7731 entegresi etrafında kurulu bir devre kullanılmıştır.



Şekil 3.20. A/D Dönüştürücü devresi

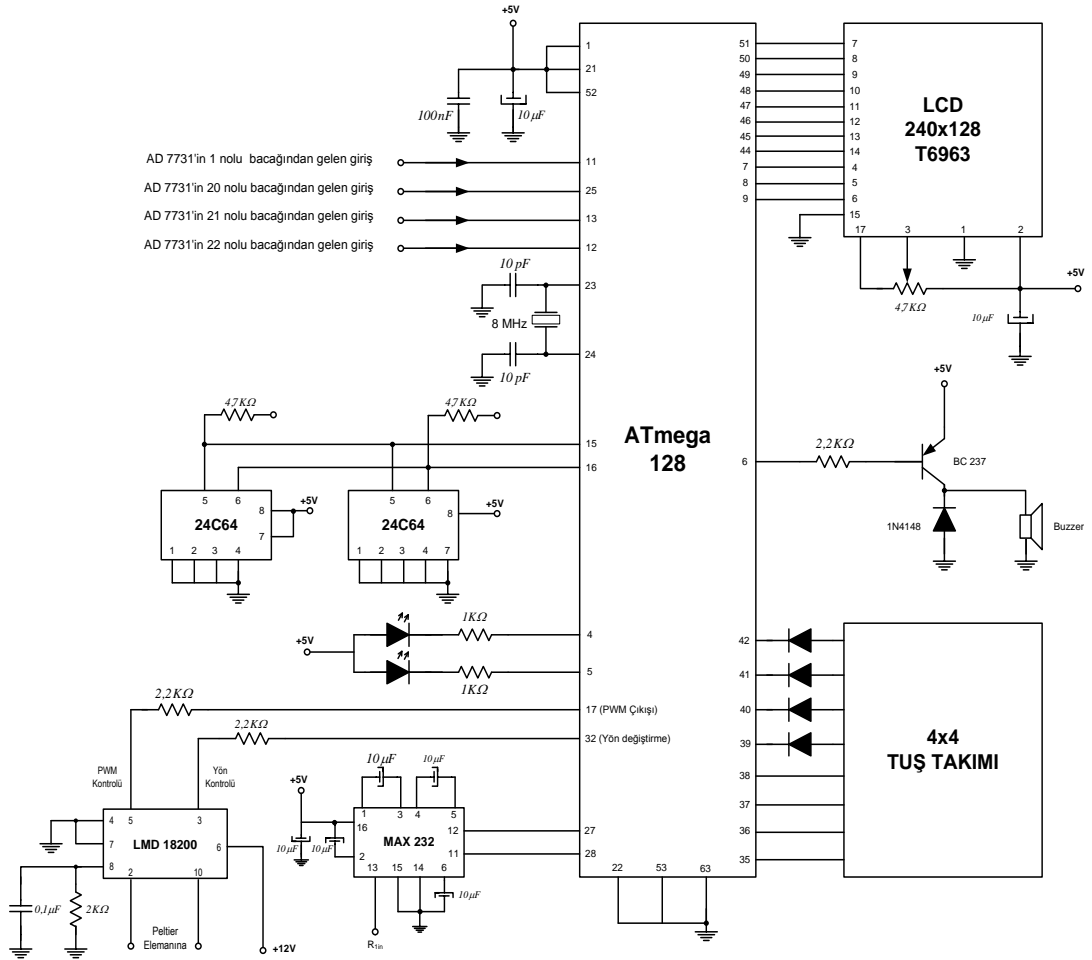
A/D dönüştürücü, 24-bit çözünürlükte 600 Hz hızında örnekleme yapılabilmektedir. Girişler $\pm 1,28V$ aralığında bipolar sinyalleri kabul edecek şekilde ayarlanmışlardır. Kanallardan sadece dördü kullanılmış olup diğer ikisi referans gerilim seviyesine verilerek katlama işleminden hariç tutulmaları sağlanmıştır. Böylece örnekleme hızındaki gereksiz kayıp önlenmeye

çalışılmıştır. 5-kanal yalancı farksal giriş operasyonunu sağlamak üzere diğer farksal ortak ucu oluşturan A_{in6} ucu referans gerilimine verilmiştir. Böylece $\pm 1,28V$ aralığına karşılık gelen sinyallerin girişlerden $+1,22V$ ile $+3,78V$ şeklinde alınması sağlanmıştır. Sonuçta $-1,28V - 0V - +1,28V$ giriş sinyal aralığı çıkıştaki ikili örnek kelimesinde sırasıyla 00...00 – 10...00 - 11...11 ikili rakamlarına karşılık gelmektedir. Bu durum aynı zamanda A/D dönüştürücünün tek bir $+5V$ gerilim kaynağından beslenmesi kolaylığını da sağlamaktadır [67].

3.3.4. Mikrodenetleyici ünitesi

Mikrodenetleyici tüm sistemin kontrolünü sağlar; termoelektrik modülün akımını H-köprü üzerinden kontrol eder. Sıcaklık sensörlerinden gelen verileri A/D dönüştürücüsü üzerinden alır. Bu verileri E^2 PROM hafızaya kaydeder ve gerekli olduğu takdirde LCM (Liquid Crystal Module - Sıvı Kristal Modül) ekranda gösterebilir veya bir seri arabirim üzerinden harici bir bilgisayar ünitesine gönderir. İşlem esnasında verileri ve uyarıları sesli ve görüntülü olarak kullanıcıya iletir. Ayrıca kullanıcıdan gelen komutları yerel bir tuş takımı üzerinden kabul eder.

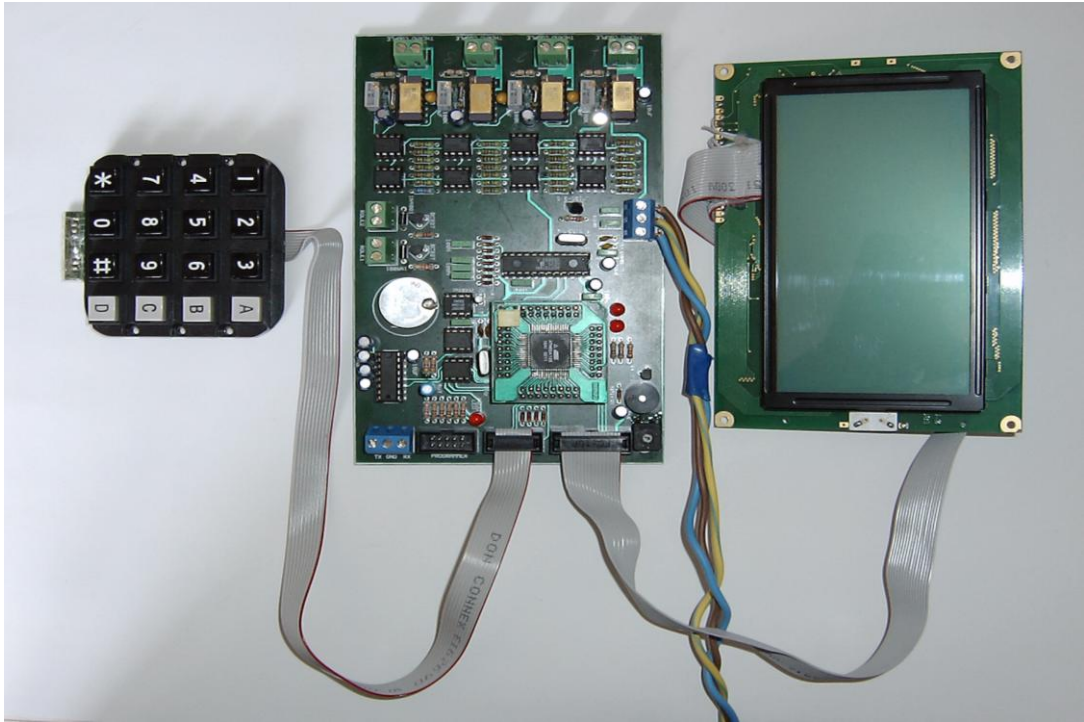
Bu yoğun işlem yükünü kaldırmak için Şekil 3.21'de görüldüğü gibi RISC (Reduced Instruction Set for Computer) mimarisine dayalı olarak geliştirilmiş 8-bitlik ATMEL ATmega128 işlemcisi seçilmiştir. Bu işlemci 8 MHz saat hızında 8MIPS komut işleme (bir saniyede sekiz milyon komut işleme) kapasitesine sahiptir. Mikrodenetleyici, 128KB program, 4KB E^2 PROM dahili veri ve 4KB dahili SRAM (Static Random Access Memory) hafızasına sahiptir. Ayrıca 64KB büyüklüğünde harici bir E^2 PROM hafıza alanını yönetme kabiliyetine sahiptir. 53 programlanabilir I/O hattı vardır. İşlemci üzerinde dahili çevre birimleri olarak 8-bit ve 16-bitlik zamanlayıcılar, bir gerçek zaman saati, 8-bit ve 16-bitlik PWM kanalları, 10-bit 8 kanal bir A/D dönüştürücü, 2 ve 3 telli seri arabirimler ve çift kanallı bir USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) bulunmaktadır [68].



Şekil 3.21. Mikrodenetleyici devresi

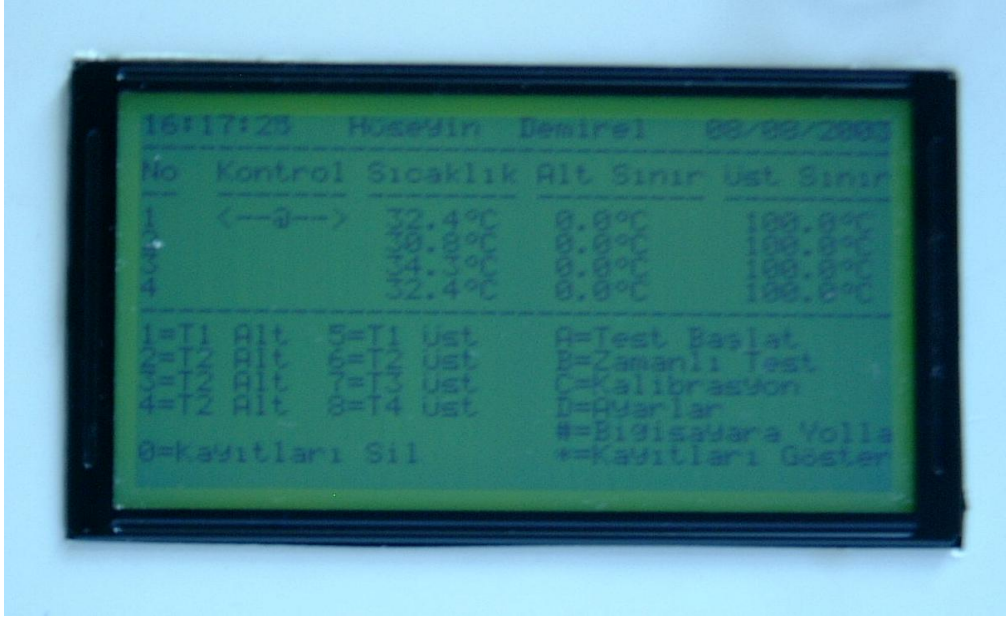
Test sistemi tarafından ölçülen sıcaklık değerleri daha sonra bilgisayar ortamına aktarılabilir. Ölçüm sistemindeki bilgileri bilgisayar ortamına aktarabilmek amacıyla MAX232 entegre devresiyle gerçekleştirilen bir seri iletişim arabirimi bulunmaktadır. Ölçülen ve kaydedilen değerlerin sonucunu göstermek amacıyla 240x128 nokta çözünürlüklü LCM kullanılmıştır. Kontrol devresindeki mikrodenetleyici için C dilinde bir program yazılmıştır. Burada programlama dili olarak C derleyicisi olan Code Vision AVR kullanılmıştır. Mikrodenetleyicinin kontrolünü sağlayan program, bilgisayar ortamında Code Vision AVR ye ait paket program yardımıyla yazıldıktan sonra seri port yardımıyla ve AVR kartı üzerindeki mikrodenetleyiciye yüklenir. Bunun yanında mikrodenetleyici kontrol kartı üzerinden sökülmeden de seri port yardımıyla programlanabilir.

Bu mikrodenetleyicinin tercih edilmesinin nedeni; ATMEL ATmega128 işlemcisi sistem için gerekli hafıza büyüklüğüne fazlasıyla sahiptir. Ayrıca komut işleme hızı yeterince yüksektir. Bunun yanı sıra kendi içinde tarih ve saat bilgilerini güncel bir şekilde saklama özelliğinin olması da bir başka tercih nedenimizdir. Gerçekleştirilen sıcaklık kontrol kiti Resim 3.4'de gösterilmiştir [33-36].



Resim 3.4. Mikrodenetleyicili sıcaklık kontrol ünitesi

Resim 3.5'de ise LCM gösterge görüntüsü verilmektedir. Göstergede sıcaklık değerleri, zaman bilgileri ve ayarlar menüsü bulunmaktadır. İstenilen işlemleri yapmak için işaret edilen tuşlar, tuş takımından kodlanır.

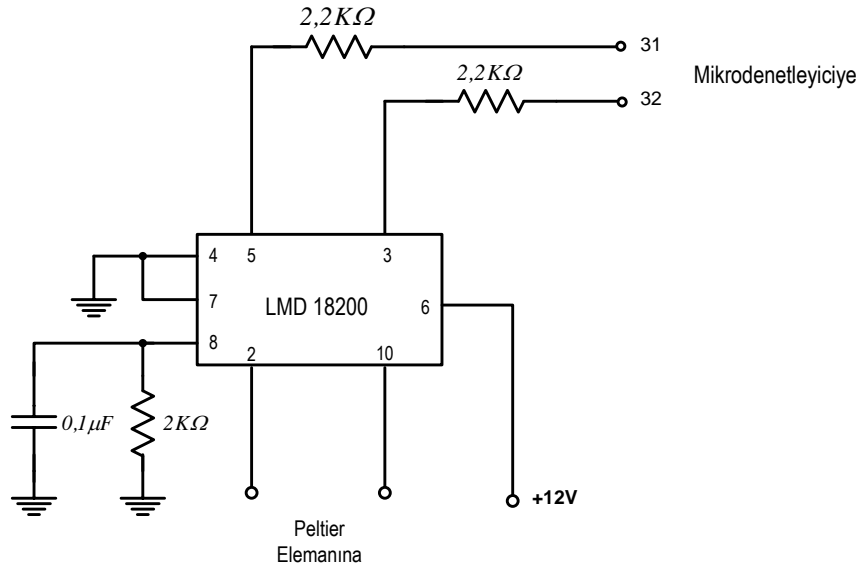


Resim 3.5. LCM gösterge

3.3.5. Darbe Genişlik Modülasyonu (DGM) kontrolü

Sistemde National firmasının LMD 18200 H-köprü entegresi kullanılmıştır. Bu entegre 55V'ta 3A'e kadar olan çıkış akımlarını destekleyebilir. Ayrıca 6A'a kadar olan anlık tepe akım değerlerinde de sorunsuz çalışır. Aynı tektaş yapıda DMOS güç elemanları ile bipolar ve CMOS kontrol devrelerini bir arada bulundurmaktadır.

Şekil 3.22'de H-köprü entegresi ve devreye bağlantı şeması verilmektedir. H-köprü deney sisteminin çalışma şartlarına uygunluk göstermektedir. Bu entegre ile peltier elemanın akım yönü kontrolü sağlanır ve DGM sinyali ile akımı açılıp kapatılabilir. Entegrenin 5 nolu bacağına +5V uygulandığı zaman yani lojik "1" olduğu zaman peltier elemanın akımı verilir, 0V uygulandığı zaman yani lojik "0" olduğu zaman akımı kesilir. 3 numaralı bacağına +0V (lojik "0") uygulandığı zaman peltier eleman soğutma yaparken, +5V (lojik "1") olduğu zaman ise peltier eleman ısıtma işlemi yapar [69].



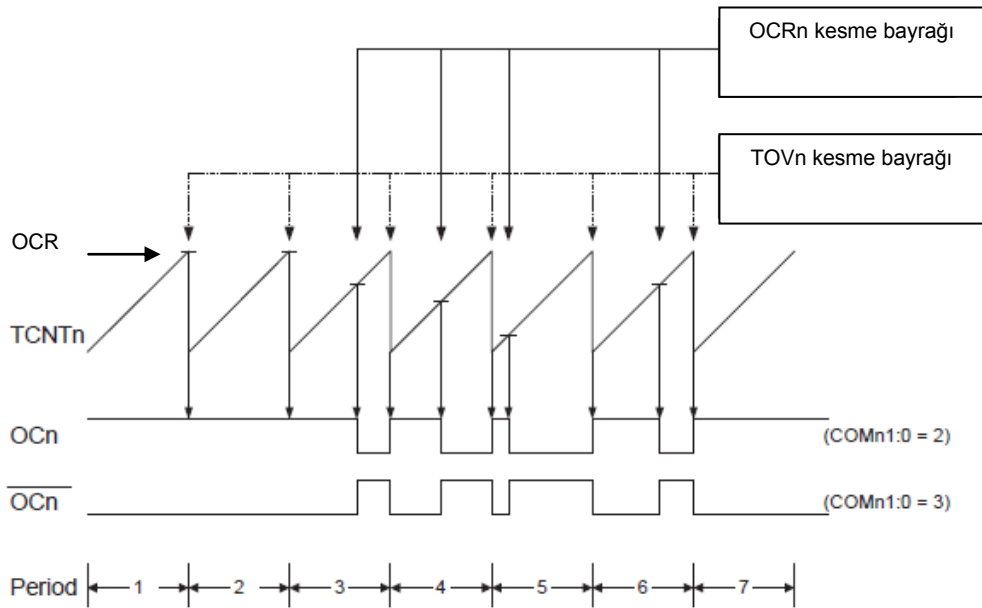
Şekil 3.22 H-Köprü ile peltier elemanın kontrolü

DGM sinyalinin üretilmesi için işlemcideki sayıcı zamanlayıcı biriminin ilgili portta istediğimiz frekans ve görev çevrimine sahip DGM sinyalini üretmek üzere idare edilmesi gerekir. Eş. 3.13 aracılığıyla öncelikle sayıcı zamanlayıcı biriminin işletme frekansı belirlenir. Bu frekans aynı zamanda PWM sinyalinin frekansıdır.

$$f_{OCnPWM} = \frac{f_{clk(I/O)}}{N.256} \quad (3.13)$$

Burada N değişkeni frekans bölme oranı olup 1, 8, 32, 64, 128, 256, veya 1024 değerlerini alabilir. $f_{clk(I/O)}$ ise giriş çıkış biriminin işletme frekansı olup işlemcinin saat hızı tarafından belirlenir. f_{pwm} ise çıkışta görülen pwm sinyalinin frekansıdır. Daha sonra OCRn kaydedicisine uygun bir değer yüklenir. Sayıcı bu değer üstünde bir sayıya ulaştığı her anda karşılaştırıcı tarafından ilgili port çıkışı düşük konuma alınır. Sayıcı 8-bitlik olup, 255 değerini her zaman 0 değeri takip eder. Bundan sonra karşılaştırıcı tekrar ilgili port çıkışını yüksek seviyesine çeker. Böylece çıkışta darbe genişliği OCRn kaydedicisine yüklenen değerle değişen bir sinyal elde edilir. Şekil

3.23'de OCRn darbe genişliğinin değişimini sağlayan seviye olup, TCNTn sayıcının gösterdiği anlık değerleri vermektedir. Şekilde her ne kadar düzgün bir çizgi halinde verilmiş olsa da bu sinyal her saat darbesiyle yükselen bir merdiven şekli arz etmektedir. Aşağıda çıkışta oluşturulan OCn sinyali (PWM dalga şekli) verilmektedir. İstenilirse bu şeklin tersi de elde edilebilir. Bunun için COMn kaydedicisinin ilgili bitlerinin uygun bir şekilde ayarlanması gereklidir. Yukarıda oklarla gösterilen noktalardan OCRn kesme bayrağı, karşılaştırıcının yüksek çıkış ürettiği anı gösterir. Diğeri ise (TOVn kesme bayrağı) sayıcının 255'ten 0'a geçtiği anı işaretler. Bu kesme, yeni bir darbe genişliği üretmek üzere OCRn kaydedicisinin otomatik yenilenmesini sağlar.



Şekil 3.23. Atmel ATmega128'de PWM sinyalinin elde edilmesini gösteren zamanlama diyagramı

Görev çevrimini yüzde cinsinden hesaplamaya imkan veren formül Eş. 3.14'deki gibidir.

$$\% \text{Görev Çevrimi} = 100 \times (n / 255) \quad (3.14)$$

Burada n , OCRn kaydedicisine yüklenen değerdir. Bu değer sayıcının her 255'ten 0'a geçişinde yenilenmektedir. Böylece her bir çevrim için farklı görev çevrimi yüzdelerini belirlemek mümkün olur. Sayıcı 8-bitlik olduğundan elde edilen PWM sinyalinin çözünürlüğü de 8 bittir. Yani görev çevrimi 1/255 adım aralığı ile yani 0,0039'luk dilimlerle ayarlanır. Bu formüle göre en küçük görev çevrimi %0,39 olur ki, bu uygulamamız için tatmin edici bir değerdir [68].

3. 4. Kontrol Menüleri

Tasarlanan ve gerçekleştirilen hipotermiya sisteminin mikrodenetleyicili sıcaklık kontrol ünitesinin ekranında çok sayıda menü bulunmaktadır. Bu menülerin görevleri aşağıda anlatılmaktadır [33-36].

3.4.1. Ana menü

Şekil 3.24'de görülen menü ölçüm ve kontrol devresinin ana menüsüdür. Burada hangi termokuplun hangi sıcaklığı ölçtüğü ve hangi termokuplun kontrol termokuplu olduğu görülmektedir. Ayrıca sıcaklığın hangi sıcaklık sınırları arasında kontrol edileceği de tuş takımı kullanılarak ekrandaki bilgiler eşliğinde ayarlanmaktadır. Tuş takımındaki diğer tuşların görevleri de açıklanmaktadır.

No	Kontrol	Sıcaklık	Alt Sınır	Üst Sınır
1	<-- @ -->	22.3 °C	0.0 °C	100 °C
2		21.7 °C	0.0 °C	100 °C
3		21.9 °C	0.0 °C	100 °C
4		22.6 °C	0.0 °C	100 °C

1 = T1 Alt	5 = T1 Üst	A = Test Başlat
2 = T2 Alt	6 = T2 Üst	B = Zamanlı Test
3 = T3 Alt	7 = T3 Üst	C = Kalibrasyon
4 = T4 Alt	8 = T4 Üst	D = Ayarlar
0 = Kayıtları Sil		# = Bilgisayara Yolla
		* = Kayıtları Göster

Şekil 3.24. Ana menü ekranı

Tarih ve Saat

Burada günün tarihi ve o anki zaman gösterilmektedir. Burada gösterilen tarih ve saat ayarı, ayarlar menüsünde kolaylıkla ayarlanabilir.

Ölçülen Sıcaklıklar ve Kontrol Sıcaklıkları

Burada hangi numaralı termokuplun hangi sıcaklığı ölçtüğü bir tane ondalık basamak sayısı ile santigrat cinsinden gösterilmektedir. Ekranda karşısında “<-- @ -->” işareti bulunan termokupl kontrol termokupludur. Alt sınır, her bir termokuplun alt sıcaklık sınırını göstermektedir. Üst sınır ise her bir termokuplun üst sıcaklık sınırını göstermektedir. Alt ve üst sıcaklık sınırlarının ayarlanması yine aynı ekranda gösterilen tuş takımının 1 ile 8 nolu tuşların arasındaki tuşlar kullanılarak yapılır. Kontrol termokuplunun belirlenmesi ise ayarlar menüsünde yapılmaktadır.

Tuş Takımındaki Tuşların Görevleri

Bu kısımda 4x4 tuş takımında bulunan tuşların görevleri gösterilmiştir. Bu tuşlar kullanıldığında ilgili menülere ulaşılır. Bu tuşlar ve görevleri şunlardır.

- 1:** 1. Termokupl alt sınır sıcaklık değerinin ayarlandığı tuş.
- 2:** 2. Termokupl alt sınır sıcaklık değerinin ayarlandığı tuş.
- 3:** 3. Termokupl alt sınır sıcaklık değerinin ayarlandığı tuş
- 4:** 4. Termokupl alt sınır sıcaklık değerinin ayarlandığı tuş
- 5:** 1. Termokupl üst sınır sıcaklık değerinin ayarlandığı tuş
- 6:** 2. Termokupl üst sınır sıcaklık değerinin ayarlandığı tuş
- 7:** 3. Termokupl üst sıcaklık değerinin ayarlandığı tuş
- 8:** 4. Termokupl üst sıcaklık değerinin ayarlandığı tuş

0: Ölçülen ve kaydedilen sıcaklıkları siler.

A: Sıcaklık ölçümünü başlatır.

B: Önceden ayarlanan zamana göre sıcaklık ölçümünü başlatır.

C: Termokuplların kalibrasyonunun yapıldığı menüyü açar.

D: Ayarlar menüsünü açar.

#: Ölçülen ve kaydedilen sıcaklık bilgilerini bilgisayarın seri portuna gönderir.

***** : Ölçülen ve kaydedilen sıcaklık değerlerini gösterir.

3.4.2. Kayıt listesi menüsü

Ana menüdeyken tuş takımının * tuşuna basıldığında Şekil 3.25'deki menü açılır. Bu menü de önceden ayarlanan örnekleme aralıklarında ölçülen ve kaydedilen sıcaklık bilgileri bulunmaktadır.

***** Kayıt Listesi *****					
Saat = 14:11:45		Tarih= 04/08/2003			
No	Zaman	T1	T2	T3	T4
0000	00:00	22.3°C	21.7°C	21.9°C	22.5°C
0001	00:03	22.3°C	21.8°C	22.0°C	22.5°C
0002	00:06	22.3°C	21.8°C	22.0°C	22.5°C
0003	00:09	22.3°C	21.8°C	22.0°C	22.5°C
0004	00:12	22.4°C	21.8°C	22.0°C	22.5°C
0005	00:15	22.3°C	21.8°C	22.0°C	22.5°C
0006	00:18	22.4°C	21.8°C	22.0°C	22.5°C
0007	00:21	22.3°C	21.8°C	22.0°C	22.5°C
0008	00:24	22.3°C	21.8°C	22.0°C	22.5°C
0009	00:27	22.3°C	21.8°C	22.0°C	22.5°C

A=Aşağı		B=Yukarı		C=İleri	
		D=Geri		* = Vazgeç	

1. Tarih ve Saat

2. Ölçülen ve kaydedilen sıcaklık değerleri

3. Tuşların görevleri

Şekil 3.25. Kayıt listesi menüsü

Tarih ve Saat

Burada günün tarihi ve o andaki zaman gösterilmektedir.

Ölçülen ve Kaydedilen Sıcaklıklar

Burada önceden belirtilen örnekleme aralıklarında ölçülen ve kaydedilen her bir termokupl sıcaklık değeri gösterilir. Bir ekranda her bir termokupla ait 10 adet sıcaklık bilgisi gösterilir. Diğer sıcaklık bilgilerini öğrenmek için ekranın altında açıklaması belirtilen tuşlar kullanılır.

No: Ölçüm sıra numarasıdır.

Zaman : Ölçüm zaman aralıklarıdır (örnekleme aralıkları).

T1 : 1. termokupl sıcaklık değeri

T2 : 2. termokupl sıcaklık değeri

T3 : 3. termokupl sıcaklık değeri

T4 : 4 termokupl sıcaklık değeri

Tuşların Görevleri

Burada tuş takımındaki bazı tuşların ekranla ilgili görevleri gösterilmektedir. Bu görevler şunlardır.

A: Ekranı 10 satır yukarı kaydırır.

B: Ekranı 10 satır aşağı kaydırır.

C: Ekranı tek satır yukarı kaydırır.

D: Ekranı tek satır aşağı kaydırır.

* : Bir önceki menüye (ana menüye) geri döner.

3.4.3. Kayıtların silindiği menü

Ana menüdeyken tuş takımının 0 tuşuna basıldığında Şekil 3.26'de gösterilen menü açılır. Bu menüde daha önceden ölçülen ve hafızaya kaydedilen sıcaklık bilgileri silinir. Burada, görevleri belirtilen tuşlar kullanıldığında kayıtlar silinir. Bu tuşlar ve görevleri şunlardır.

14:13:58		Hüseyin Demirel		04/08/2003	
No	Kontrol	Sıcaklık	Alt Sınır	Üst Sınır	
1	< -- @ -- >	22.8 °C	0.0 °C	100 °C	
2		21.9 °C	0.0 °C	100 °C	
3		22.1 °C	0.0 °C	100 °C	
4		22.6 °C	0.0 °C	100 °C	

0 = Kayıtları Sil? # = evet * = İptal

Şekil 3.26. Kaydedilen sıcaklıkların silindiği menü

: Kayıtları siler

* : Kayıtları silme işlemi iptal edilir.

3.4.4. Zamanlı test menüsü

Ana menüde iken tuş takımının B tuşuna basıldı zaman Şekil 3.27'deki menü açılır. Bu menü de önceden ayarlar menüsünde ayarlanan zamanda ve örnekleme aralığında ölçüm ve kayıt moduna geçilir. Ayarlanan zaman geldiğinde ölçüm ve kaydetme işlemi başlar.

14:14:56		Hüseyin Demirel		04/08/2003	
No	Kontrol	Sıcaklık	Alt Sınır	Üst Sınır	
1	< -- @ -- >	22.7 °C	0.0 °C	100 °C	
2		22.0 °C	0.0 °C	100 °C	
3		22.2 °C	0.0 °C	100 °C	
4		22.7 °C	0.0 °C	100 °C	

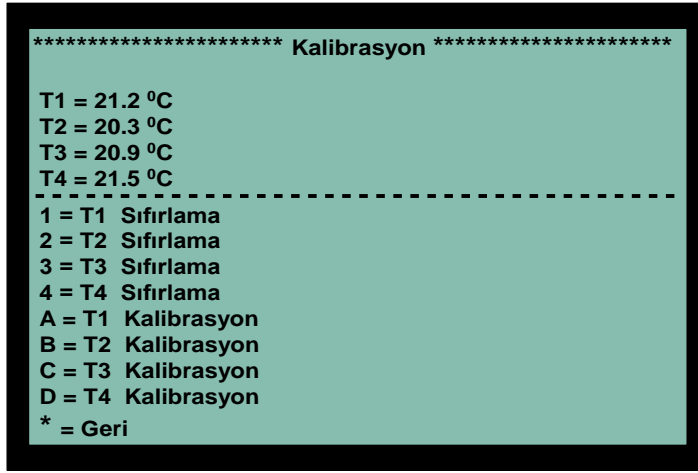
1 = T1 Alt 5 = T1 Üst A = Test Başlat
2 = T2 Alt 6 = T2 Üst B = Zamanlı Test
3 = T3 Alt 7 = T3 Üst C = Kalibrasyon
4 = T4 Alt 8 = T4 Üst D = Ayarlar
= Bilgisayara Yolla
* = Kayıtları Göster

0 = Kayıtları Siler
: Zamanlı Test : 15:30 : 04 / 08 / 2003

Şekil 3.27. Zamanlı test menüsü

3.4.5. Kalibrasyon menüsü

Ana menüde iken tuş takımının C tuşuna basıldığı zaman Şekil 3.28'deki menü açılır. Bu menü de termokuplların sıcaklık kalibrasyonu işlemi yapılır. Kalibrasyonu yapmak için doğruluğundan emin olunan bir termometre kullanılabilir veya suyun donma derecesinde sıfır ayarı yapılır. Kalibrasyon için kullanılan tuşlar ve görevleri aşağıdaki gibidir:



Şekil 3.28. Kalibrasyon menüsü

- 1: 1. termokuplun sıfırlama işlemi yapılır. (0 °C de iken)
- 2: 2. termokuplun sıfırlama işlemi yapılır. (0 °C de iken)
- 3: 3. termokuplun sıfırlama işlemi yapılır. (0 °C de iken)
- 4: 4. termokuplun sıfırlama işlemi yapılır. (0 °C de iken)
- A: 1. termokuplun sıcaklık değeri ayarlanır.
- B: 2. termokuplun sıcaklık değeri ayarlanır.
- C: 3. termokuplun sıcaklık değeri ayarlanır.
- D: 4. termokuplun sıcaklık değeri ayarlanır.
- * : Bir önceki menüye geri döner.

3.4.6. Ayarlar menüsü

Ana menü de iken tuş takımındaki D tuşuna basıldığı zaman Şekil 3.29'daki menü açılır. Bu menü de örnekleme aralığı, ölçüm süresi, kontrol termokuplu, ölçümün başlayacağı saat ve tarih, sistemin saati ve tarihi gibi değişkenler ayarlanır. Bu ayarlamaların yapılabilmesi için aşağıdaki tuşlardan faydalanılır [33-35]:



Şekil 3.29. Ayarlar menüsü

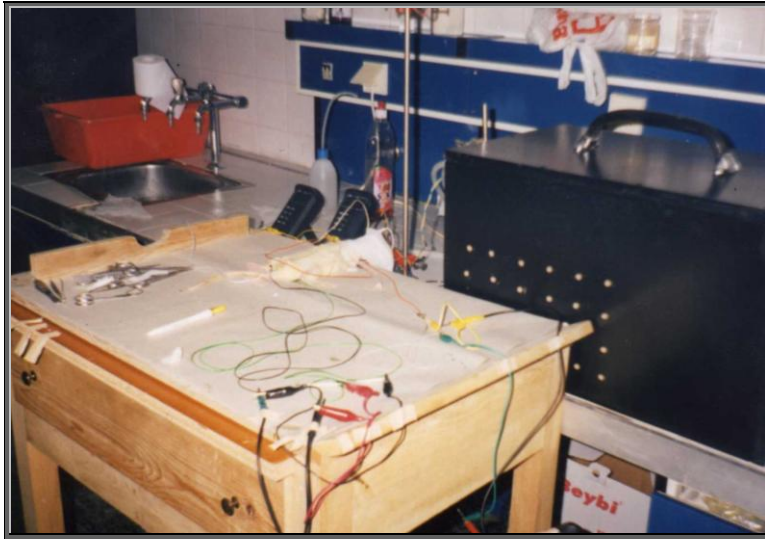
- 1) : Örnekleme aralığı ayarlanır.
 - 2) : Ölçüm ve kayıt süresi ayarlanır.
 - 3) : Kontrol termokuplunun hangi termokupl olacağı ayarlanır.
 - 4) : Zamanlı test de ölçümün ve kaydın başlayacağı saat ayarlanır.
 - 5) : Zamanlı test de ölçümün ve kaydın başlayacağı tarih ayarlanır.
 - 6) : Sistemin o anki saati ayarlanır.
 - 7) : Sistemin o anki tarihi ayarlanır.
- * : Ana menüye geri dönüşü sağlar.

4. RATLARDA REKTUM, SAĞ KULAK, SOL KULAK VE BEYİN SICAKLIKLARININ YAPAY SİNİR AĞLARI İLE BELİRLENMESİ

Literatürde ratların hipotermiya sırasında beyin sıcaklığının rectum, sağ ve sol kulak sıcaklıkları arasında yakın bir sıcaklık ilişkisi vardır [70-75]. Bu ilişkiyi göstermek için yapılan bir çalışmada beyin ve rectum sıcaklıklarından 16 adet örnek alınarak aralarındaki sıcaklık ilişki araştırılmış ve yapay sinir ağları ile modellenmiştir [47].

4.1. Hipotermiya Öncesi Sıcaklık İlişkileri

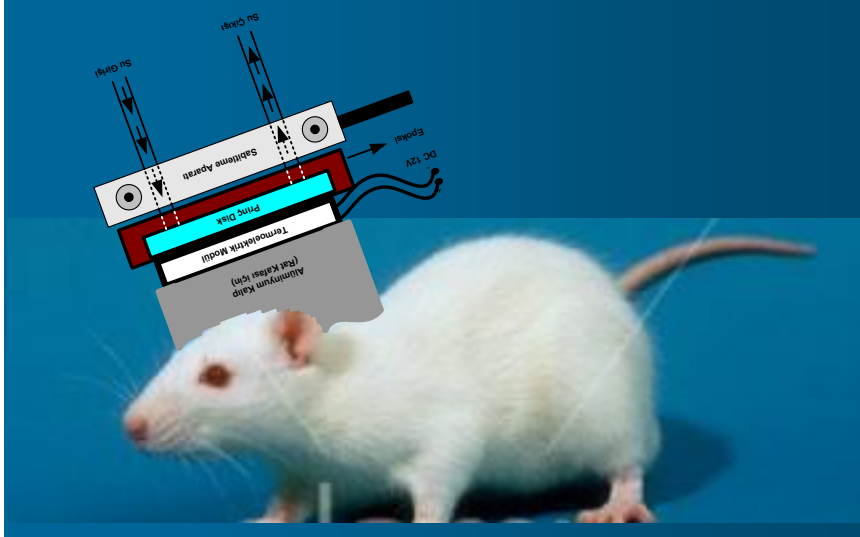
Ratlarda hipotermiya uygulanmadan önce beyin ve rektum sıcaklıkları arasındaki ilişkiyi tespit edebilmek için Şekil 4.1'de görülen ratın beynine, her iki kulağına ve rektumuna sıcaklık ölçmek için termokupllar yerleştirilmiştir. Bu bölgelerdeki sıcaklıklar ölçülmüştür.



Resim 4.1 Deneyin yapıldığı ortam

Bu deney Resim 4.1'de de görüldüğü üzere Gazi Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizioloji Bölümünün laboratuvarında yapılmıştır. Deneyi gerçekleştirmek için on adet rat kullanılmıştır. Ratların beyin ve diğer bölgelerinin sıcaklıkları ölçülmeden önce ratlara anestezi uygulanmıştır. Ratların kafatasları delinerek beyin bölgesine bir adet termokupl yerleştirilmiştir. İkinci bir termokupl ratların

rektumuna sokulmuştur. Diğer iki termokupl ise her iki kulağa sokulmuştur. Tüm bölgelerden ölçülen sıcaklık değerlerinin ortalama değerleri alınmıştır.



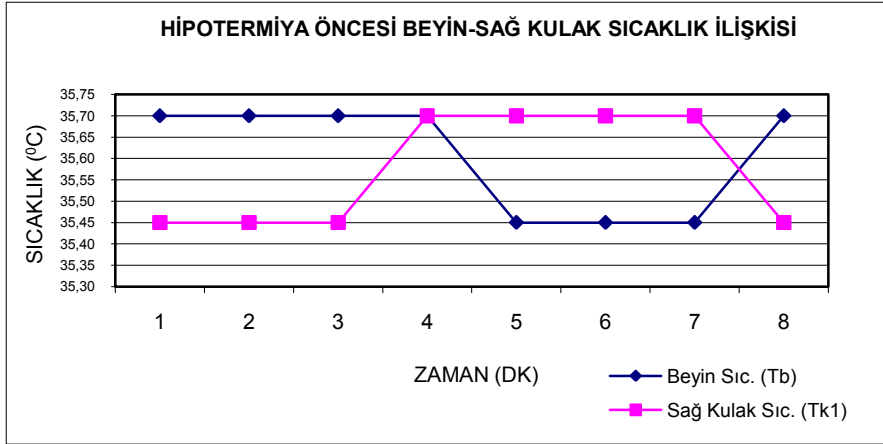
Şekil 4.1. Beyin, rektum, sağ ve sol kulak sıcaklıklarının ölçülmesi

Ölçülen sıcaklık değerleri Çizelge 4.1'e kaydedilmiştir. Burada sisteme enerji uygulanmadan ölçüm yapılmıştır. Bundan dolayı I_L ve V_L değerleri sıfırdır.

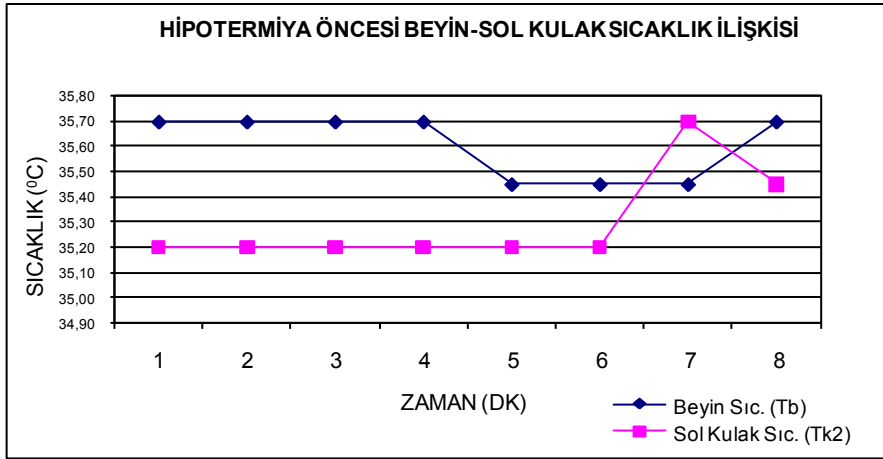
Çizelge 4.1. Ratlarda hipotermiya öncesi sıcaklık değerleri

Ölçüm No	Zaman (dk)	Oda Sic. (°C)	I_L (A)	V_L (V)	Beyin Sic. (T_b), (°C)	Sağ Kul. Sic. (T_{k1}), (°C)	Sol Kul. Sic. (T_{k2}), (°C)	Rektum Sic. (T_r), (°C)
1	0,00	20	0	0	35,70	35,45	35,20	36,70
2	1,00	20	0	0	35,70	35,45	35,20	36,70
3	2,00	20	0	0	35,70	35,45	35,20	36,70
4	3,00	20	0	0	35,70	35,70	35,20	36,70
5	4,00	20	0	0	35,45	35,70	35,20	36,70
6	5,00	20	0	0	35,45	35,70	35,20	36,70
7	7,00	20	0	0	35,45	35,70	35,70	36,70
8	9,00	20	0	0	35,70	35,45	35,45	36,70

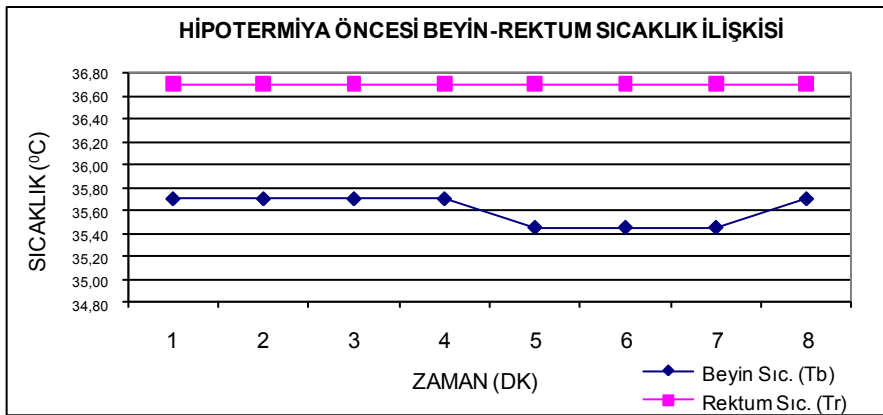
Çizelge 4.1'deki kaydedilen sıcaklık değerleri, ratların beyin sıcaklıkları referans alınarak grafik ortamına aktarılmıştır. Şekil 4.2'de ise beyin-rektum, sağ ve sol kulak sıcaklık ilişkisi gösterilmektedir.



(a) Ratlarda hipotermiya öncesi beyin-sağ kulak sıcaklık ilişkisi



(b) Ratlarda hipotermiya öncesi beyin-sol kulak sıcaklık ilişkisi



(c) Ratlarda hipotermiya öncesi beyin-rektum sıcaklık ilişkisi

Şekil 4.2. Hipotermiya öncesinde ratların sıcaklık ilişkileri

Şekil 4.2'deki grafiklerden de anlaşılacağı gibi ratlara hipotermiya uygulanmadan önce beyin sıcaklığı ile diğer sıcaklıklar arasında herhangi bir ilişki bulunmadığı görülmektedir [8-9,33].

Ayrıca Çizelge 4.1'deki veriler alınarak Microsoft Excel paket programı kullanılarak yapılan hesaplama sonucunda her bir grafik için aşağıdaki korelasyon değerleri bulunmuştur.

- Beyin-Sağ kulak sıcaklıkları arasındaki korelasyon = -0,77
- Beyin-Sol kulak sıcaklıkları arasındaki korelasyon = -0,32
- Beyin-Rektum sıcaklıkları arasındaki korelasyon = 0,00

Matematiksel olarak iki değişken arasında ilişki olduğunu gösterebilmek için korelasyon değerinin 1 veya 1'e çok yakın değerlere sahip olması gerekir. Ancak yukarıdaki korelasyon değerleri 1 değerinden çok uzaktadır. Bu nedenle hipotermiya uygulanmadığı zaman beyin-sağ kulak, beyin- sol kulak ve beyin-rektum sıcaklıkları arasında herhangi bir ilişki bulunmamaktadır.

4.2 Sistemde Kullanılan Yapay Sinir Ağları

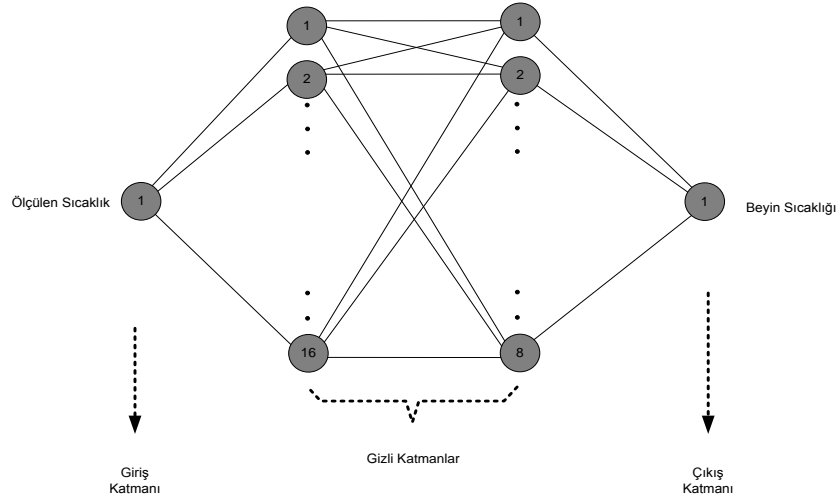
Yapay sinir ağları, insan beyninin öğrenme şeklinin modellenmeye çalışıldığı bir yöntemdir. Bir yapay sinir ağı, nöron adı verilen, bilgi işleme elemanlarından oluşmaktadır. Nöronlar, bağlantı hatları üzerinden işaret göndererek birbirlerini etkilerler. Bu bağlantı hatlarının her birinin kendine özgü bir ağırlığı vardır. Uyarlamalı hesaplanabilen bu ağırlıklar, bilgiyi, doğru olarak bildirir. Genellikle, bağlantı ağırlıkları bir öğrenme işlemi ile belirlenir. Değişik öğrenme işlemi ile belirlenebilen ağırlıkları da kullanarak sonuç bilgilerine ulaşılır [76].

YSA modelleri, algoritmik olmayan paralel ve yayılı bilgi işleme yetenekleri ile klasik modellerden farklıdır. Farklı olan bu özellikleri sayesinde YSA

karmaşık ve doğrusal olmayan hesapları kolaylıkla ve hızlı bir biçimde yapabilir. Algoritmik olmayan ve çok yoğun paralel işlem yapabilen YSA, ayrıca öğrenme kabiliyeti ve paralel dağıtılmış hafıza ile de hesaplamada yeni bakış açılarına sebep olmuştur. Girdi katman nöronları girdi bilgilerini alır. Bağlantılar vasıtasıyla bir sonraki bilgi işleme tabakası elemanlarına değerleri iletir. Bu işlem çıktı tabakasına ulaşıncaya kadar devam eder. Bu tür bilgi akışının bir yönde ilerlemesiyle oluşan ağ ileri beslemeli ağ olarak bilinir [77-79].

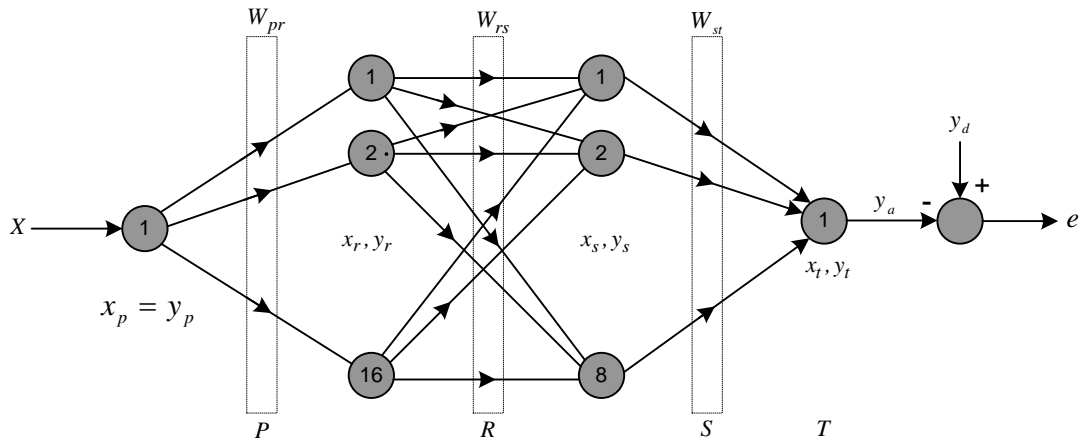
İleri beslemeli sinir ağları, yapılarının esnek olması, iyi bir gösterim kapasitesi ve çok sayıda öğrenme algoritmasına sahip olması nedeniyle en popüler mimari haline gelmiştir. Geri yayımlı danişmalı öğrenme yöntemi ileri beslemeli ağların eğitiminde en çok tercih edilen öğrenme yöntemidir. Etkinlik fonksiyonları yanında öğrenme ve momentum katsayılarının uygun biçimde belirlenmesi de ağın performansı açısından önemli bir faktördür. Öğrenme katsayısının düşük seçilmesi öğrenme hızını yavaşlatırken yüksek seçilmesi de öğrenme esnasında büyük osilasyonlara sebep olup en nihayetinde öğrenme işleminin gerçekleşmemesine neden olmaktadır. Uygulamalar göstermiştir ki momentum katsayısının küçük tutulması osilasyonları azaltırken öğrenme hızında düşümlere sebep olmaktadır. Büyük değerli olması ise kararsızlıklara ve hedeften uzaklaşılmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle momentum katsayısının belirlenmesi kendi başına önemli bir sorundur [80-83].

Çok katmanlı ileri beslemeli sinir ağlarında her bir düğüm için en uygun etkinlik fonksiyonunun ve öğrenme katsayılarının belirlenmesinde Levenberg-Marquardt algoritma seçim performansının gösterilmesi için dört katmanlı klasik bir ileri beslemeli ağ yapısı tercih edilmiştir. Şekil 4.3'de kullanılan çok katmanlı ileri beslemeli bir ağın basitçe yapısı görülmektedir. Ağda bir giriş, iki gizli ve bir çıkış katmanı olmak üzere toplam dört katman bulunur. Bir ileri beslemeli ağda, işaretler girişten çıkışa iki gizli katman üzerinden yayılır [47].



Şekil 4.3. Kullanılan çok katmanlı ileri beslemeli ağ

Çok katmanlı ileri beslemeli sinir ağlarında her bir düğüm için en uygun etkinlik fonksiyonunun ve öğrenme katsayılarının belirlenmesinde genetik algoritma seçim performansının gösterilmesi için dört katmanlı (P, R, S, T) klasik bir ileri beslemeli ağ yapısı tercih edilmiştir. Tasarlanan ağ yapısı Şekil 4.4'de verilmiştir. Ağ tek girişli ve tek çıkışlıdır. Burada ağ girişi x ve ağ çıkışı y 'dir. W katmanlar arasındaki bağlantı ağırlıklarını, x, y çiftleri sırasıyla buldukları katmandaki düğümlerin ağırlıklandırılmış giriş toplamını ve çıkışını temsil etmektedir. y_d istenen çıkış değerini ve e istenen ile gerçek çıkış arasındaki hatayı göstermektedir [82].



Şekil 4.4. Tasarlanan sinir ağının mimarisi

İleri besleme algoritmasında girişten çıkışa doğru bir akış vardır. Eş. 4.1'de verilen her bir giriş çifti için ağırlık değerleri ve etkinlik fonksiyonlarına bağlı olarak aşağıda verilen akış kullanılarak gerçek çıkış değeri (y_a) hesaplanır.

$$x_p = \{x\}, y_p = x_p \quad (4.1)$$

$$x_r = \sum_{p=0}^P y_p \cdot w_{pr} \quad \text{ve} \quad y_r = y_n(x_r) \quad (4.2)$$

$$x_s = \sum_{r=0}^R y_r \cdot w_{rs} \quad \text{ve} \quad y_s = y_n(x_s) \quad (4.3)$$

$$x_t = \sum_{s=0}^S y_s \cdot w_{st} \quad \text{ve} \quad y_t = y_n(x_t) \quad (4.4)$$

Burada Eş. 4.1 ile ağın gerçek çıkış değeri ($y_a = y_t$) bulunur.

Danışmanlı eğim tabanlı yayımlı öğrenme algoritması için Eş. 4.5'de verilen enerji fonksiyonuna bağlı olarak, hata değerleri geriye yayılır ve Δw ağırlık değişimleri aşağıdaki gibi bulunur. Burada η öğrenme ve α momentum katsayısıdır [83].

$$E(k) = \frac{1}{2} e^2(k), \quad E(k) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K E(k) \quad (4.5)$$

$$e(k) = y_d(k) - y_a(k) \quad (4.6)$$

$$\Delta w_{st}(k) = \alpha_{st} \Delta w_{st}(k-1) + \eta_{st} \left(-\frac{\partial E}{\partial w_{st}} \right) \quad (4.7)$$

$$\Delta w_{rs}(k) = \alpha_{rs} \Delta w_{rs}(k-1) + \eta_{rs} \left(-\frac{\partial E}{\partial w_{rs}} \right) \quad (4.8)$$

$$\Delta w_{pr}(k) = \alpha_{pr} \Delta w_{pr}(k-1) + \eta_{pr} \left(-\frac{\partial E}{\partial w_{pr}} \right) \quad (4.9)$$

$$\Delta w_{st}(k+1) = w_{st}(k) + \Delta w_{st}(k) \quad (4.10)$$

$$\Delta w_{rs}(k+1) = w_{rs}(k) + \Delta w_{rs}(k) \quad (4.11)$$

$$\Delta w_{pr}(k+1) = w_{pr}(k) + \Delta w_{pr}(k) \quad (4.12)$$

4.3. Hipotermiya Sırasında Sıcaklık İlişkileri ve YSA ile Modellenmesi

Deneyde hipotermiya öncesindeki sıcaklık değerleri Çizelge 4.1'e not edildikten sonra termoelektrik modül ratların beynine yerleştirilip sistem çalıştırıldığında bahsedilen bölgelerin ölçülen 36 adet sıcaklık değeri Ek-1'deki Çizelge 1'de gösterilmiştir. Burada ölçülen sıcaklık değerleri YSA ile modellenmiştir.

Bu çalışmada yapay sinir ağlarından faydalanılarak, ratlardan alınmış sıcaklıkların ortalama değerlerini kullanarak beyin, rektum sağ ve sol kulak sıcaklıkları arasında bir ilişki kurabilen daha sonra rektum, sağ ve sol kulak sıcaklıklarından beyin sıcaklığına ulaşmayı mümkün kılacak uyarlanabilir bir modelin tasarımı sunulmuştur. Örnek veriler öncelikle eğri uydurma yöntemleri kullanılarak, aradaki ilişkiyi sunan bir fonksiyon elde edilmiş, daha sonra çok katmanlı bir yapay sinir ağı, aynı veriler kullanılarak eğitilmiştir. Verilerin hepsi eğitimde kullanılmamış, bir kısmı YSA'yı test etmek için kullanılmaktadır. Daha sonra her iki yöntemden elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak, sinir ağının performansı belirlenmeye çalışılmıştır.

4.3.1. Rektum, sağ ve sol kulak sıcaklıklarının yardımı ile beyin sıcaklığının belirlenmesi

Ratlarda rektum, sağ ve sol kulak ile beyin sıcaklıkları arasında bir ilişki kuran yapay sinir ağı modeli kullanılmıştır. Matlab'da yazılan bir kod aracılığıyla işlem otomatik hale getirilmiştir. Program, giriş x, çıkış y halinde aldığı bir veri setini ikiye böler; iç içe geçmiş setlerden birincisi test setidir. Birinci ve ikinci bölümler beraber eğitim için ayrılmıştır. Programda tanımlanan birçok katmanlı hatayı geriye yayma sinir ağına bu veriler uygulanarak eğitim

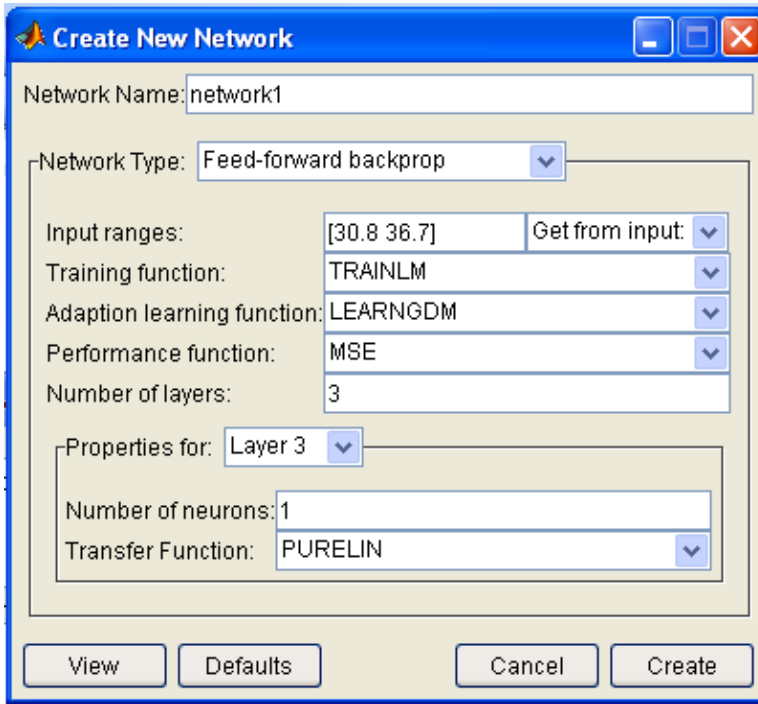
gerçekleştirilir. Sinir ağı 1-16-8-1 katman yapısına sahip olup, eğitimde kullanılan yöntem Levenberg-Marquardt algoritmasına dayalıdır. Eğitim sonrası performans grafiği çizdirilir. Tüm veriler sinir ağına yüklenerek, gerçek verilerden sapma ekrana yansıtılır. Çizdirilen grafikte kırmızı çizgiler sinir ağı tarafından üretilen verileri temsil ederken, mavi noktalar gerçek veri setini temsil eder.

Benzer şekilde yazılan 3 ayrı Matlab kodu sırasıyla sol kulak, sağ kulak ve karşılaştırma amacıyla rektum sıcaklıklarını kullanarak beyin sıcaklıklarını elde eder. Bu işlem için gerekli veriler Ek-1'deki Çizelge 1.1'de verilmiştir. Yazılan Matlab kodu bu verileri kayıtlı olduğu Excel dosyasından uygun bir şekilde çeker.

Kullanılan yapay sinir ağı modelinde, giriş ve çıkış katmanları lineer çıkış fonksiyonlarına sahipken, gizli katmandaki sinirlerin tansig fonksiyonuna sahip olması tercih edilmiştir. Bunun nedeni, ağın ilişkiyi belirlerken olası doğrusal olmayan bir karakteri de kolaylıkla temsil edebilme kabiliyetine sahip olmasıdır. Kurulan sinir ağının eğitimi Levenberg-Marquardt yöntemi ile Ek-1'deki Çizelge 1.1'de verilen 36 veri çiftinin tümü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Veri çiftlerinden, çift numaralı 18 adeti eğitilen ağın performansını gözlemlemek için test verisi olarak kullanılmıştır. Veri çiftlerinin sayısının kısıtlı olması nedeniyle bu durum tercih edilmiştir. Veri çiftlerinin sayısının fazla olması durumunda ağın genelleme kabiliyetini artırmak üzere veri çiftlerinin bir kısmı eğitim amacıyla kullanılırken, diğer bir kısmı test ve doğrulama amacıyla kullanılabilir. Ağın eğitiminde kullanılan diğer parametreler şöyledir: Minimum gradyan: 1.10^{-20} , max. Mu oranı: 1.10^{+60} , validasyon verisi ve test verisi oranları: 0. Şekil. 4.5'de Matlab ortamında NNtool grafik arabirimi kullanılarak YSA'nın nasıl oluşturulduğu gösterilmektedir. Burada YSA nesne yapısı network1 adıyla anılmaktadır. Ağ tipi İleri beslemeli hatayı geriye yaymalıdır (Feed-forward backpropagation). Giriş aralığı veri setinden otomatik olarak alınmıştır ve burada 30,8 ve 36,7 arasındadır. Eğitim fonksiyonu Levenberg-Marquardt algoritmasına dayalı

Trianlm şeklinde seçilmiştir. Adaptasyon öğrenme fonksiyonu “learnngdm”dir gradient-descent with momentum (momentum faktörlü azalan meyilli) algoritmasına dayalıdır. Performans fonksiyonu mean square errors (hataların karesinin ortalaması) yöntemine göre hatayı hesaplamaktadır. Katman sayısının burada 3 olarak verilmiş olması yanılıtmadır. Bu arabirimde giriş katmanı sayılmamaktadır. Giriş sayısı, dolayısıyla giriş katmanı sinir sayısı veri setinden otomatik olarak okunmaktadır.

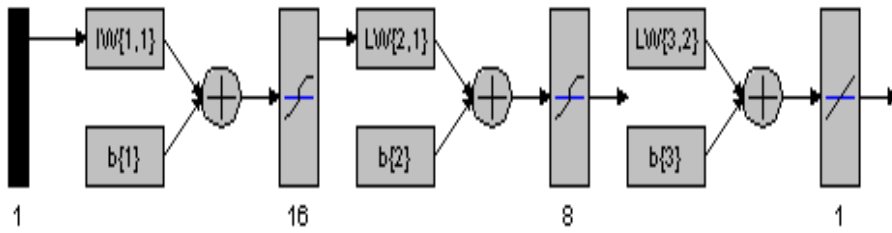
Son bölümde her bir katmandaki sinirlerin sayısı ve çıkış karakterleri belirlenir. Şekil 4.5’de sonuçta elde edilen YSA’nın yapısı NNtool grafik arabiriminde gösterim şekliyle sunulmuştur.



Şekil 4.5. NNtool grafik arabiriminde YSA’nın oluşturulması

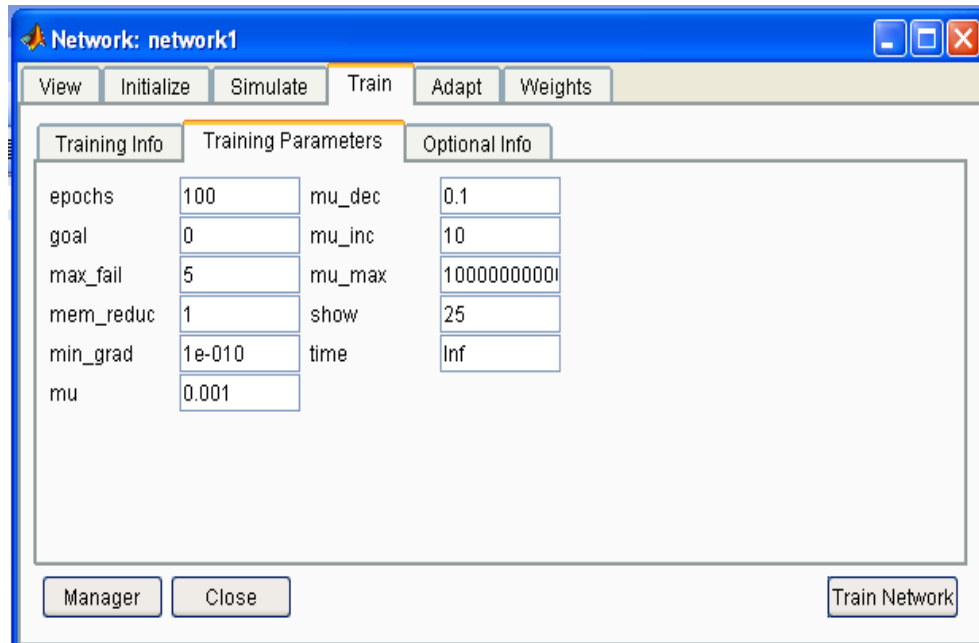
Şekil 4.6’da girişte bir sinir vardır. Buradan veriler giriş katmanı ağırlık matrisi ile çarpılır. Toplamlarına giriş eşik seviyesi eklenir ve 16 adet birinci gizli katman siniri tarafından işlenerek tansig çıkış fonksiyonu ile her bir sinir kendisine ait ateşleme seviyesini verir. İkinci gizli katmana bu 16 adet sinyal ikinci katman ağırlık matrisi tarafından iletilir. Buna ikinci katman eşik seviyesi

eklenir ve yine tansig fonksiyonu ile belirlenen 8 adet çıkış ikinci katman sinirleri tarafından belirlenir. Son katman çıkış katmanıdır ve tek bir çıkış üreten tek sinir bulunmaktadır. Çıkış fonksiyonu purelin (doğrusal) dir. Bu katmana bir önceki gizli katmandan gelen 8 çıkış sinyali LW matrisi ile işlenerek ve b3 eşiği eklenerek bağlanır.



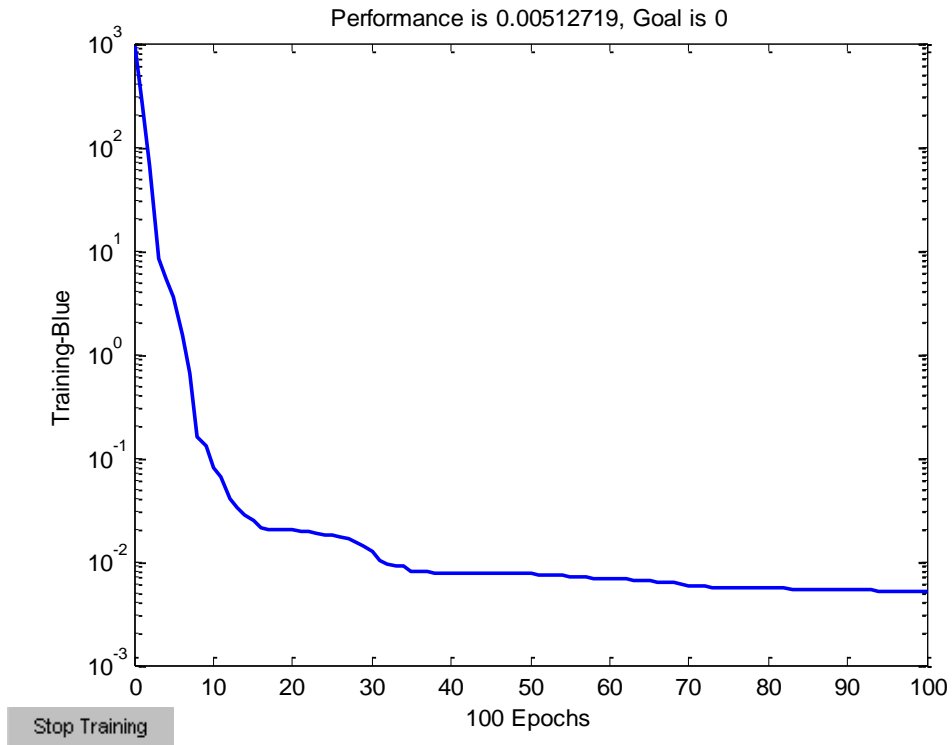
Şekil. 4.6. YSA ağ yapısının Matlab NNtool Grafik arabirimi altındaki görünümü

Bu şekilde kurulan ağın eğitimi eğitim penceresinden gerçekleştirilir. Eğitimde kullanılan parametreler Şekil 4.7'de görülmektedir.



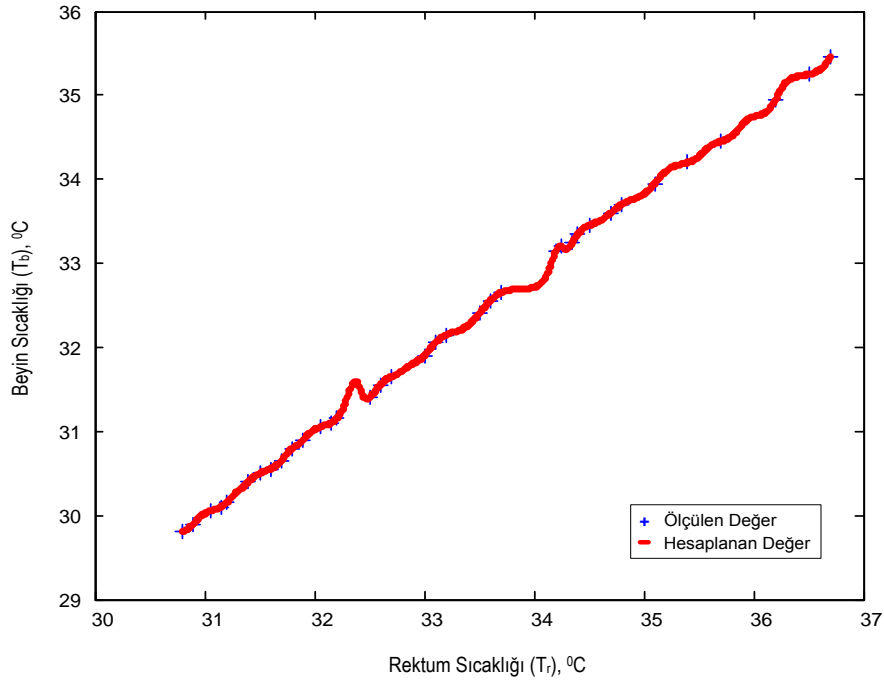
Şekil 4.7. YSA'nın eğitim parametreleri

Eğitilen ağın performansı eğitim sonunda bir grafikte sunulur. Şekil 4.8'de görülen grafikte eğitilen ağın hatasının her bir eğitim için tekrar sayısına göre nasıl deđiŐtiđi görülmektedir. Grafikte eğitim 100. tekrarda bitmiştir. Hedef hatası bir önceki eğitim parametrelerinin belirlendiği pencerede 0 olarak belirlendiğinden ve maksimum tekrar sayısı 100 olarak verildiğinden böyle olmuştur. Grafikten görüldüğü üzere mse hata 0,0051 olmuştur ve bu oldukça tatmin edici bir sonuçtur.

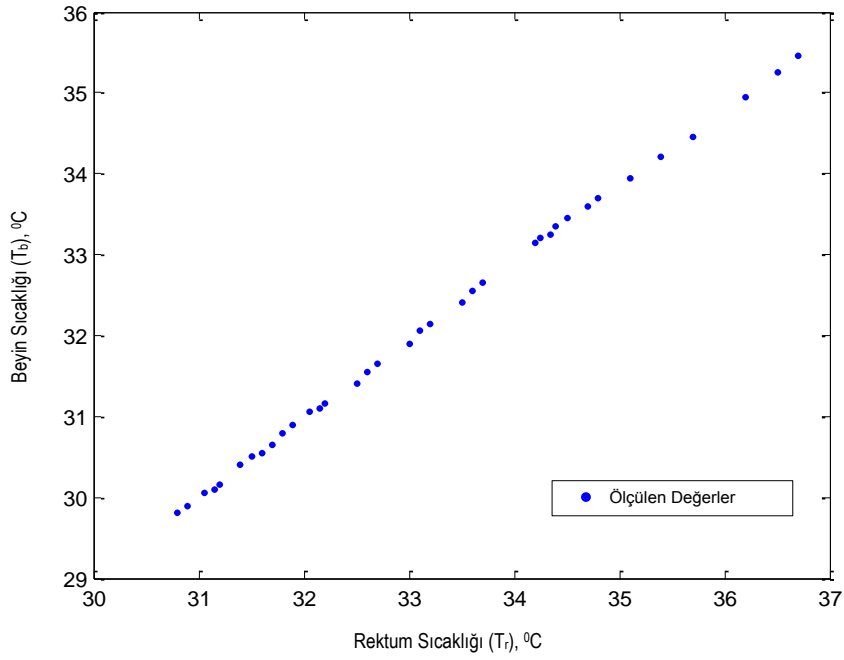


Şekil. 4.8. YSA'nın eğitim performansı

Ağ eğitildikten sonra rektum, sağ veya sol kulak sıcaklıklarının ilgili aralıkları 0,01°C aralıklarla örneklenmiŐ ve bu değerler ağa verilerek karşılık gelen beyin sıcaklıkları alınmıştır. Şekil 4.9'da bu Şekilde elde edilmiş rektum-beyin sıcaklığı grafiği görülmektedir. Grafikte ayrıca gerçek noktalar da yer almakta ancak hatanın çok düşük olması nedeniyle fark edilememektedir. Şekil 4.10'da 36 adet gerçek sıcaklık çiftleri için aynı grafik çizdirilmiŐtir. Burada hatanın ne kadar düşük olduğu daha net bir Şekilde görülmektedir.

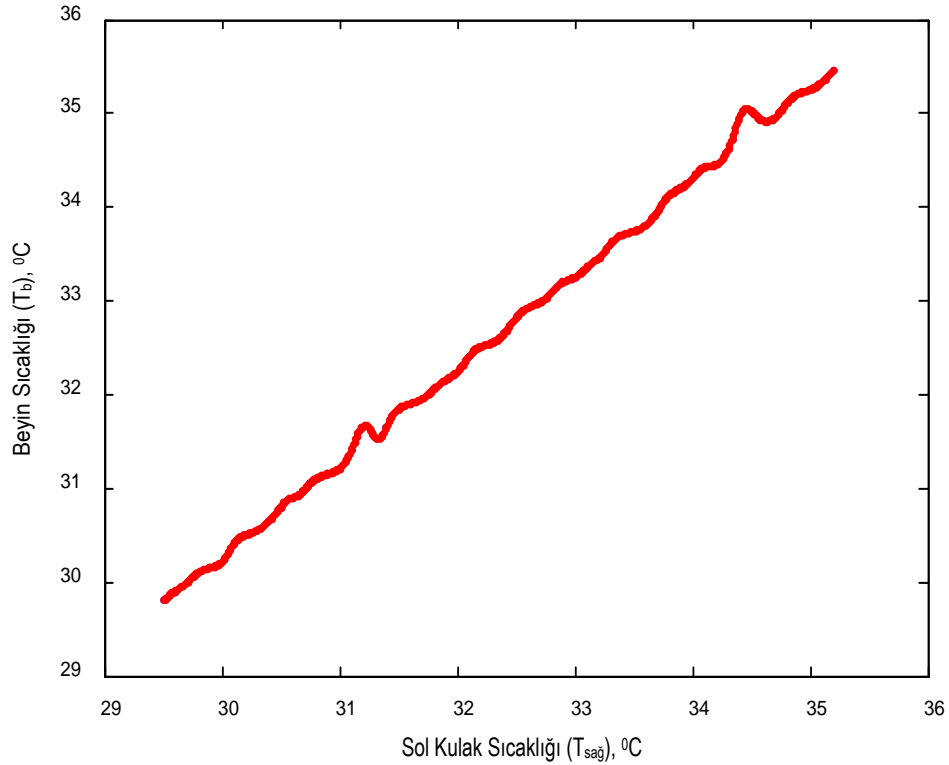


Şekil 4.9. Yapay sinir ağına dayalı modelden elde edilen rektum-beyin sıcaklığı ilişkisi



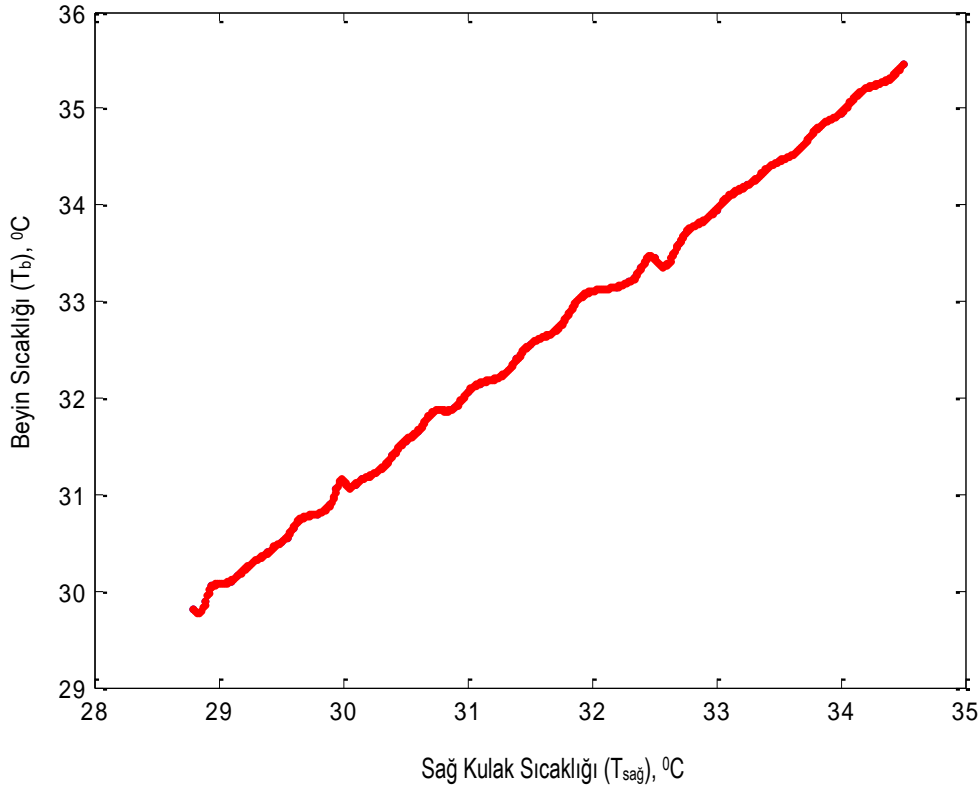
Şekil 4.10. 36 adet gerçek veri noktasına karşı yapay sinir ağına sağladığı beyin sıcaklıklarının karşılaştırması

Şekil 4.11’de ise sol kulak sıcaklığına karşı beyin sıcaklığının nasıl elde edildiğini görmekteyiz. Uygun bir şekilde eğitilen bir ağın kulak sıcaklıklarından da beyin sıcaklığını çok küçük bir hata ile (mean squared error (mse)=0,9252) elde edebildiği bu grafikten net bir şekilde görülmektedir.



Şekil 4.11. Yapay sinir ağına dayalı modelden elde edilen sol kulak-beyin sıcaklığı ilişkisi

Şekil 4.12’deki grafik aynı durumu sağ kulak sıcaklıkları için ortaya koymaktadır. Yine grafikten görüldüğü üzere sapma hatası oldukça düşüktür. Örnek bir ratın rektum, sol kulak ve sağ kulak sıcaklıklarına karşılık gelen beyin sıcaklıkları 36 veri çifti halinde ele alınmıştır. Rektum, sol kulak ve sağ kulak sıcaklıklarından her birisi ayrı ayrı giriş olarak ele alınarak uygun bir yapay sinir ağı modeline sunulmuştur. 36 adet beyin sıcaklığı bu modele eğitim amacıyla hedef olarak verilmiştir.



Şekil 4.12. Yapay sinir ağına dayalı modelden elde edilen sağ kulak-beyin sıcaklığı ilişkisi

Elde edilen 3 YSA modelinin her birisinin eğitim sonunda başarılı bir şekilde girişten verilen sıcaklıklar ile beyin sıcaklığı arasında ilgi kurabildiği görülmüştür. Eldeki imkânlarla bağlı olarak rektum sıcaklıklarının yanı sıra sağ veya sol kulaktan alınacak sıcaklık örneklerinin de beyin sıcaklığına ulaşmak için rahatlıkla kullanılabileceği ispatlanmıştır. Gerçek ve hesap değerleri arasındaki fark hata olarak ele alınmış ve bu hataların karesinin ortalaması $mse=0,9252$ olarak hesaplanmıştır. Verilerde gürültü bulunmadığı kabul edilerek, bir başka deyişle, veri noktalarındaki saçılmanın beyin-diğer sıcaklıklar arasındaki ilişkinin doğrusal olmayışından kaynaklandığını kabulle bu hata oranının oldukça yüksek olduğu söylenebilir. Nitekim verilerden doğrusal olmayan bir ilişkiyi çıkarabilme kabiliyetine sahip birçok katmanlı yapay sinir ağının eğitimi neticesinde çok daha düşük bir hata oranının elde edildiği görülmüştür ($mse=0,0160$). Ayrıca bu yöntem, başka ratlardan

alınacak verilerle elde edilecek tecrübeyi hesaplamalarına etki ettirebilecek bir uyum yeteneğine sahiptir. Sonuçta bu çalışma ile farklı metabolik özelliklere sahip sıçanların rektum ile beyin sıcaklıkları arasındaki doğrusal olmayan ve değişkenlik arz edebilen ilişkisinin tam bir modelinin yapay sinir ağları kullanılarak oluşturulabileceği ispatlanmıştır. Böylece, sadece ratlarda değil, çeşitli canlılarda hipotermiya oluşturma esnasında beyin sıcaklığını daha sıkı bir kontrol altına almak ve daha doğru bir hedef sıcaklığı sağlamak mümkün olabilecektir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hipotermiya klinikte önemli tedavi süreçlerinden biridir. Soğuk suya batırmak, buz tatbik etmek ve ıslak battaniyeye sarmak gibi hipotermiya yöntemleri bulunmaktadır. Ancak bu yöntemler ilkel yöntemlerdir. Aynı zamanda sağlıklı ve kontrolden uzak yöntemlerdir. Tasarlanan mikrodenetleyicili sıcaklık kontrollü hipotermiya cihazı yeni bir hipotermiya yöntemidir. Bu cihaz mikrodenetleyici kontrolüne sahip, termoelektrik modül kullanılan, LCM göstergeli kolaylıkla taşınabilir ve çok pratik bir cihazdır. İsminden de anlaşılacağı üzere cihaz öncelikle ratlar için tasarlanmıştır. Bu cihaz ile ratlar üzerinde birçok deneyler yapılmıştır.

Tasarlanan mikrodenetleyicili sıcaklık kontrollü hipotermiya sistemi kullanılarak ratlarda beyin ve rektum sıcaklıkları arasındaki ilişki araştırılmıştır. Öncelikle cihaz kullanılmadan önce bu bölgeler arasında herhangi bir ilişki olmadığı çizelge ve grafiklerde net olarak görülmüştür. Cihaz kullanıldığında ise bahsedilen bölgeler arasında çok yakın bir sıcaklık ilişkisi tespit edilmiştir. Bu ilişki bilimsel kıstaslara göre araştırılmış ve sonuçta bu bölgelerin sıcaklıkları arasında matematiksel bir bağ tespit edilmiştir. Elde edilen deney sonuçları Matlab R2008b versiyonu kullanılarak yapay sinir ağları yardımıyla eğitilerek modellenmiştir. Bu işlem sonucunda, rektum, sağ ve sol kulak sıcaklıkları ölçülerek beyin sıcaklığının tahmin edilebileceği görülmüştür.

Termoelektrik sistemler, uzay çalışmalarından tıp bilimine kadar birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Termoelektrik modüllerin diğer sistemlere olan üstünlükleri düşünülecek olursa önümüzdeki yıllarda kullanım alanlarının daha da artacağı açıktır. Mikrodenetleyicili sıcaklık kontrollü hipotermiya sisteminde termoelektrik modül kullanılmıştır. Termoelektrik modülün bazı parametre değerleri, yeni bir test cihazı olan mikrodenetleyici kontrollü termoelektrik test sistemi yardımıyla ölçülmüştür. Sonuçlar çizelgelerde ve grafiklerde gösterilmiştir. Bu sistem öncelikle deneysel amaçlı

olarak ratlar için tasarlanmıştır. Ratlar üzerinde yapılacak deneyler sonucunda elde edilen olumlu veriler rahatlıkla insanlar için de uygulanabilecektir.

Sistemde kullanılan termoelektrik modülün bir vakum ortamına yerleştirilmesi ve/veya modülün ısınan yüzeyinde ortaya çıkan ısıyı dışarı atmak için kullanılan devir daim sistemindeki suyun kontrollü olarak ek bir sistemle soğutulması alınacak sonuçlarda daha da iyileştirmeler sağlayacaktır.

Bu deney sistemine ek olarak ölçülen veriler bilgisayar ortamına otomatik olarak gönderilerek daha fonksiyonel kontrol yapılabilir. Bilgisayar ortamı hız ve bellek açısından daha avantajlıdır. Ayrıca uzaktan kontroller yapılarak uzaktan tedaviye katkı sağlanabilir.

Deneyde ratlara anestezi uygulamadan sıcaklık değerleri ölçüldüğünde en doğru sonuçlar alınacaktır. Bunu gerçekleştirmek için anestezi uygulamadan deneyi gerçekleştirmenin yolları aranabilir. Mesela bunu gerçekleştirmek için rat, bir düzenek yardımıyla bir ortamda sıkıştırılıp sabitlenmesi ve ölçümlerin yapılması sağlanabilir. Bunun dışında rektum sıcaklığı ölçülürken termokuplu rektuma yerleştirdiğimizde ratlarda istenmeyen panikler olabilir. Bunu önlemek için rektum yüzeyine termokupullar yapıştırılarak sıcaklık ölçümleri yapılabilir.

Ratlar için tasarlanan bu deney sistemiyle elde edilen sonuçlar neticesinde aynı deney sistemi veya tedavi sistemi insanlar için tasarlanabilir ve uygulanabilir. Ancak insanlar için tasarlanan sistemin daha hassas ve güvenilir olması gerekmektedir. İnsanlar için tasarlanmış bir hipotermiya sistemi acil durumlarda kullanılmak üzere acil servislerde ve ambulanslarda defibrilatör gibi bulundurulması gereken başlıca cihazlardan biri olabilir ve bu sayede çok sayıda hastanın hayatı kurtulabilir.

KAYNAKLAR

1. Bernard, S.A., Gray, T.W., Buist, M.D., "Treatment of comatose survivors of out of hospital cardiac arrest with induced hypothermia", ***N Engl J Med***, 346:557–613 (2002).
2. Mellergard, P., Nordstrom, C.H., Christensson, M., "A method for monitoring intracerebral temperature in neurosurgical patients", ***Neurosurgery***, 4:654-657 (1990).
3. Mellergard, P., "Changes in human intracerebral temperature in response to different methods of brain cooling", ***Neurosurgery***, 6:671-677 (1992).
4. Croughwell, N., Smith, L.R., Quill, T., Newman, M., Greeley, W., Kern, F., Lu, J, Reves, J.G., "The effect of temperature on cerebral metabolism and blood flow in adults during cardiopulmonary bypass", ***J Thorac Cardiovasc Surg***, 3:549-554 (1992).
5. Ohta, T., Sakaguchi, I., Dong, L.W., Nagasawa, S., Yasuda, A., "Selective cooling of brain profound hemadilution in dogs", ***Neurosurgery***, 6:1049-1054 (1992).
6. Wayfoth, H. B., "Experimental And Surgical Techique In Rat", ***Academic Press***, USA, 70-73 (1993).
7. Frank, S.M., "Consequences of hypothermia", ***Current Anaesthesia & Critical Care***, 12: 79-86 (2001).
8. Demirel, H., Ahıska, R., Erkal, B., "Post Traumatic Protection Of Brain In Rats Using Rat Termohypotherm Device", ***Journal Of Science***, 17(4) : 29-38 (2004).
9. Ahıska, R., Demirel, H., "Beynin deneysel travma sonrasında rat termohipotermiya cihazı ile korunması", ***Sağlık Bilimleri Araştırma Dergisi (SBAD)***, 13–20 (2004).
10. The Hypothermia After Cardiac Arrest Study Group, "Mild theraputic hypothermia to improve neurologic outcome after cardiac arrest", ***N Engl J Med***, 346:549–56 (2002).
11. Clifton, G.L., Choi, S.C., Miller, E.R., "Intercenter variance in clinical trials of head trauma-experience of the national acute brain injury study: hypothermia", ***J Neurosurg***, 95:751-55 (2001).
12. Dietrich, W. D., Helen M. Bramlett," The Evidence for Hypothermia as a Neuroprotectant in Traumatic Brain Injury", ***Neurotherapeutics***, 7(1):43-50 (2010).

13. Marek, M.A., "Neumar Immediate short-duration hypothermia provides long-term protection in an in vivo model of traumatic axonal injury", ***Experimental Neurology***, 215(1):119-127 (2009).
14. Inamasu J., Nakamura, Y., Ichikizaki, K., "Induced hypothermia in experimental traumatic spinal cord injury: an update", ***Journal of Neurological Sciences***, 209:55-60 (2003).
15. Dalton Dietrich, W., Helen M. B., "The Evidence for Hypothermia as a Neuroprotectant in Traumatic Brain Injury", ***Neurotherapeutics***, 7(1):43-50 (2010).
16. Posmantur, R., "A Calpain Inhibitor Attenuates Cortical Cytoskeletal Protein Loss After Experimental Traumatic Brain Injury In The Rat", ***Neuroscience***, 77(3):3, 875-888 (1997).
17. Clifton, G., "Hypothermia and severe brain injury", ***J Neurosurg***, 4:718-719 (2000).
18. Plesnila, N., "Effect of hypothermia on the volume of rats glial cells", ***J Physiol***, 1:155-162 (2000).
19. Clifton G.L., "Lack of effect of induction of hypothermia after acute brain injury", ***N Engl J Med***, 22:344 (8) 556-63 (2001).
20. Vaagenes, P., "Rapid rewarming after mild hypothermia accentuates the inflammatory response after acute volume controlled haemorrhage in spontaneously breathing rats", ***Resuscitation***, 58, 103-112 (2003).
21. George, S., "Induced cerebral hypothermia reduces post-hypoxic loss of phenotypic striatal neurons in preterm fetal sheep", ***Experimental Neurology***, 203:137-147 (2007).
22. Nikas, J., Fuad, M., Elefteriades A., "Topical Hypothermia: Ineffective and Deleterious as Adjunct to Cardioplegia for Myocardial Protection", ***Ann Thorac Surg***, 65: 28-31 (1998).
23. Farstad, M., Andersen K. S., Koller E., Grong K., Segadal L., P. Husby, "Rewarming from accidental hypothermia by extracorporeal circulation", ***European Journal Of Cardio-thoracic Surgery***, 20: 58-64 (2001).
24. Hagl, C., "Technical advances of pulmonary thromboendarterectomy for chronic thromboembolic pulmonary hypertension", ***European Journal of Cardio-thoracic Surgery***, 23: 776-781 (2003).
25. Fleck, T. M. et al, "A Double Patch Sandwich Technique for Surgical Repair of Acute Aortic Dissection Type A", ***Ann Thorac Surg***, 76: 499-502 (2003).

26. Deniz T., "The Effect of Hypothermia on Splanchnic Flows and Lung in a Two-Hit Hemorrhagic Shock Model", ***Journal of Surgical Research***, 158, 121–126 (2010).
27. Horan, M., "A Pilot Investigation of Mild Hypothermia In Neonates Receiving Extracorporeal Membrane Oxygenation (ECMO)", ***The Journal of Pediatrics***, 301-308 (2003).
28. Clifton, G.L., "Marked protection by moderate hypothermia after experimental traumatic brain injury", ***J Cereb Blood Flow Metab***, 1:114 - 121 (1991).
29. Clifton, G.L., Allen, S., Berry, J., Koch, S.M., "Systemic hypothermia in treatment of brain injury", ***J Neurotrauma Suppl***, 2:487-495 (1992).
30. Azzopardi, D., Edwards, A.D., Hypothermia, ***Seminars in Fetal & Neonatal Medicine***, 12, 303-310 (2007).
31. Kapıdere M. Ahıska R. Güler İ., "Mikrodenetleyici Kontrollü Termohipoterm Tıp Cihazı", ***Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı BİYOMUT***, İstanbul, (2002).
32. Kapıdere M, Ahıska R, "A New Microcontroller-Based Human Brain Hypothermia System", ***Journal of Medical Systems***, 29(5):501-512 (2005).
33. Demirel, H., Ahıska R., "Mikrodenetleyicili Sıcaklık Kontrollü Rat Termohipoterm Sistemi", ***3th International Advanced Technology Symposium***, ANKARA, 165-173 (2003).
34. Demirel, H., "Sıçanlar için Sıcaklık Kontrollü Hipotermiya Sisteminin Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi", ***5th International Advanced Technology Symposium (IATS'09)***, KARABÜK, 276-281 (2009).
35. Demirel, H., Ciylan, B., Erkal, B., Yılmaz S., "Design of a universal thermoelectric module test system for testing rat brain thermoelectric hypothermia", ***IET Science, Measurement & Technology***, 1 (3):60–165 (2007),
36. Demirel, H., Ahıska R., "Mikrodenetleyicili Sıcaklık Kontrollü Rat Termohipoterm Sistemi", ***Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi BAP 07/2002-33*** (2003).
37. Ciylan, B., Savaş, Y., Ahıska, R., "Termoelektrik modüller için mikrodenetleyici kontrollü test sistemi", ***III. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu***, Ankara, 155-164 (2003).

38. Ciylan B., "Termoelektrik Modüller İçin Mikrodenetleyici Kontrollü Yeni Bir Test Sisteminin Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi", Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü**, Ankara, 55-84 (2009).
39. Fidan, U., "Mikrodenetleyici Kontrollü Taşınabilir Termoelektrik Tıp Cihazı Tasarımı ve Uygulaması", Yüksek Lisans Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 32-54 (2000).
40. Ahıska, R., Ciylan, B., Savaş, Y., Güler, İ., "Standart termoelektrik modülün Z parametresinin ölçülmesi için yeni yöntem ve yeni sistem", **Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.**, 19 (4):467-473 (2004).
41. Andersen, J. R., "Thermoelectric air conditioner for submarines", **Adv Energy Conv**, 2: 241-244 (1962).
42. Mei, V. C., Chen, F. C., Mathiprakasam, B., "Comparison of thermoelectric and vapor cycle technologies for groundwater heat pump application", **ASME J Solar Energy Eng.**, 111: 353-357 (1989).
43. McNaughton, A. G., "Commercially Available Generators", CRC Handbook of Thermoelectrics, D. M. Rowe, **CRC Pres. Inc.**, Florida, 459-469 (1995).
44. Sloman, A. W., Buggs, P., Molley, J., Stewart, D., "A microcontroller-based driver to stabilize the temperature of an optical stage to within 1 mK in the range 4-38 °C, using a Peltier heat pump and a thermistor sensor", **Measurement Science and Technology**, 7:1653-1664 (1996).
45. Summasekera, G. U., Grigorian, L., Eklund, P. C., "Low-Temperature thermoelectrical power measurement using analogue subtraction", **Measurement Science and Technology**, 11:273-277 (2000).
46. Göktepe, F., Arman, H., Çağlar, N., Pala, M., "Yapay Sinir Ağları İle Adapazarı Killerinin Sınıflandırılmasında İstatistiksel Analiz", 5. **Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)**, Karabük, (2009).
47. Demirel, H., Erkal, B., "Sıçanların Beyin ile Rectum Sıcaklıkları Arasındaki İlişkinin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi", **5th International Advanced Technology Symposium (IATS'09)**, KARABÜK, 30-32 (2009).
48. Ovul, I., "A method for monitoring intracerebral temperature in neurosurgical patients", **Tech - Surgical Approaches**, 3:354 (1997).
49. Ovul, I., Nadirzade, R.S., Oner, K., Nadirzade, S.M., "A new technique for brain hypothermia", **Technology-Surgical Approaches**, 3:353 (1997).

50. Haykin, S., "Neural Networks: A Comprehensive Foundation", **Prentice Hall**, NY, USA, (1999).
51. Göktaş, H. H., Çavuşoğlu A., Şen B, "Auto City : A System For Generating 3d Virtual Cities For Simulation Systems On Gis Maps, Autosoft", **Intelligent Automation and Soft Computing**, 14:1-11 (2008).
52. Göktaş H. H., Çavuşoğlu A., and Şen B., "Algoritmic 3D Virtual City Production Using Genetic Algorithms", **The 5th International Symposium On Intelligent Manufacturing Systems (IMS2006)**, Sakarya, 29-31 (2006).
53. Jacobs, R.A., "Increased Rates of Convergence through Learning Rate Adoption", **Neural networks**, 1(4): 295-307 (1988).
54. Efe, M. Ö. ve Kaynak, O., "Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları", **Boğaziçi Üniversitesi**, 81-103 (2000).
55. Füssel, D. and P Ballé, "Combining Neuro-Fuzzy and Machine Learning for Fault Diagnosis of a D.C. Motor", **Proceeding American Control Conference**, 37-41, (1997).
56. Patterson, D. W., "Artificial Neural Networks Theory and Applications", **Prentice Hall**, Singapore, 20-36, 56-71, 141-243, 367-404 (1996).
57. İnternet: "Yapay zeka ile ilgili web sayfası"
<http://www.yapay-zeka.org/> (2009)
58. Denton, T., "Advanced Automotive Fault Diagnosis", **Butterworth-Heinemann publication**, Great Britain, 6-21, 113-126 (2000).
59. İnternet: "LMM algoritması ile ilgili web sayfası"
[http://members.comu.edu.tr/boraugurlu/courses/bm434/week6/Linear%20Vektor%20Quantization%20\(LVQ\)DU.pdf](http://members.comu.edu.tr/boraugurlu/courses/bm434/week6/Linear%20Vektor%20Quantization%20(LVQ)DU.pdf)(2009)
60. Çolak,İ., Koşalay İ., "TV Vericilerinden Kaynaklanan Rf Elektromanyetik Kirliliğin Tahmininde Yapay Sinir Ağlarının Etkinliği", **5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)**, Karabük, 125-130 (2009).
61. Gürdal, O., "Algılayıcılar ve dönüştürücüler", **Nobel Yayınevi**, Ankara, 415-454, (2000).
62. Floyd Thomas L., **Electronic Fundamentals Circuits, Devices, and Applications**, **Prentice-Hall Inc.**, New Jersey (2004).
63. İnternet: "K tipi termokupl bilgileri"
<http://www.omega.com/temperature/z/pdf/z204-206.pdf>

64. İnternet: “Analog Device firmasına ait internet sayfası”
http://www.analog.com/UploadedFiles/Data_Sheets/421725987AD594-595c.pdf (2005).
65. İnternet: “Maxim firmasına ait internet sayfası”
www.maxim-ic.com(2005).
66. İnternet: “Maxim firmasına ait internet sayfası”
<http://pdfserv.maxim-ic.com/en/ds/OP07.pdf>, (2005).
67. İnternet: “Analog Device firmasına ait internet sayfası”
<http://www.analog.com> (2004).
68. İnternet: “Atmel firmasına ait internet sayfası”
<http://www.atmel.com/atmel/acrobat/doc2467.pdf> (2005).
69. İnternet: “National firmasına ait web sayfası”
<http://www.national.com/ds/LM/LMD18200.pdf> (2009).
70. Covaciu, L., Allers, M., Enblad, P., Lunderquist, A., Wieloch, T., “Rubertsson Intranasal selective brain cooling in pigs”, **Resuscitation**, 76(1):83-8, (2008).
71. David, D., Bae, P., Leon, B., Eugene, A.K., “Procedure of rectal temperature measurement affects brain, muscle, skin, and body temperatures and modulates the effects of intravenous cocaine”, **Brain Research**, 1154:61-70 (2007).
72. Shane, K. M., “Rectal temperature measurement results in artifactual evidence of selective brain cooling”, **Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol**, 281:108-114 (2001).
73. Ji, Y.J., Bruce G. L., Clifton G.L., Larry W. J., Robert J. H., Ronald L. H., “Relationship between body and brain temperature in traumatically brain-injured rodents”, **Journal of Neurosurgery**, Vol. 74, No. 3, Pages 492-496, (1991).
74. Robert, S., “Mild Posttraumatic Hypothermia Reduces Mortality After Severe Controlled Cortical Impact in Rats”, **Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism**, 16, 253–261 (1996).
75. Mingming, Z., Deepika N., Joseph J.H., Ackerman D. A., “On the role of anesthesia on the body/brain temperature differential in rats”, **Journal of Thermal Biology**, 599–603 (2004).
76. Bolat S. “Yapay sinir ağı ile gaz karışımında elektrot Açıklığına ve karışım yüzdelerine bağlı olarak Delinme gerilimlerinin belirlenmesi”, **Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu, ASYU-INISTA** (2004).

77. Bishop, C. M., Neural networks for pattern recognition, **University Press**, Oxford, (1995).
78. Fausett Laurene, V., "Fundamentals of Neural Networks: Architectures, Algorithms, and Applications, Englewood Cliffs", **Prentice Hall**, USA, (1994).
79. Kulkarni, A. D., "Artificial neural networks for image understanding, **Van Nostrand Reinhold**", NY, USA, (1994).
80. İnternet: "MATLAB'in web sayfası"
<http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/helpdesk.html>
81. Kwok, T. Y., Yeung, D. Y.. Objective functions for training new hidden units in constructive neural Networks. **IEEE Transactions on Neural Networks**, 8(5), 1131-1148, (1997).
82. Üstün O., Yıldız İ., "Geri-Yayımlı Öğrenme Algoritmasındaki Öğrenme Parametrelerinin Genetik Algoritma İle Belirlenmesi", **SDU International Technologic Science**, 1(2):61-73 (2009).
83. Kandi, N., Khorasani, K., Patel, R. V., Sood, V. K. "Optimum learning rate for back propagation neural Networks". **Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering**, 1:465-468 (1993).

EKLER

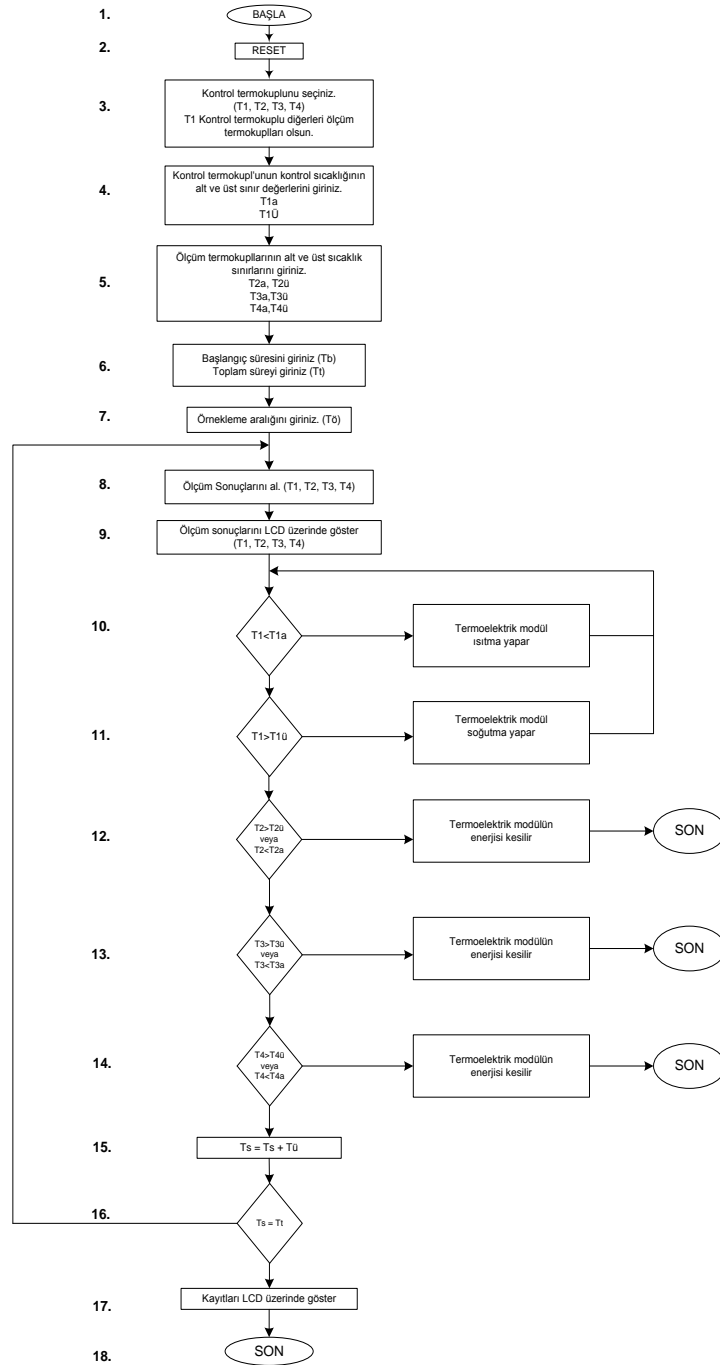
EK-1. Hipotermiya Sırasında Ölçülen Sıcaklık Değerleri

Çizelge 1.1. Ratlarda hipotermiya sırasındaki sıcaklık değerleri

Ölçüm No	Zaman (dk)	I _L (A)	V _L (V)	Oda Sıcaklığı (°C)	Beyin Sıcaklığı (°C), (T _b)	Rectum Sıcaklığı (°C), (T _r)	Sağ Kulak Sıcaklığı (°C), (T _{sağ})	Sol Kulak Sıcaklığı (°C), (T _{sol})
1	10	4,2	12	20	35,45	36,70	34,50	35,20
2	12	4,2	12	20	35,25	36,50	34,30	35,00
3	13	4,2	12	20	34,95	36,20	34,00	34,70
4	14	4,2	12	20	34,45	35,70	33,50	34,20
5	15	4,2	12	20	34,20	35,40	33,25	33,90
6	16	4,2	12	20	33,95	35,10	33,00	33,70
7	17	4,2	12	20	33,70	34,80	32,75	33,40
8	18	4,2	12	20	33,60	34,70	32,70	33,30
9	19	4,2	12	20	33,45	34,50	32,50	33,20
10	20	4,2	12	20	33,35	34,40	32,40	33,10
11	21	4,2	12	20	33,25	34,35	32,35	33,00
12	22	4,2	12	20	33,20	34,25	32,30	32,90
13	23	4,2	12	20	33,15	34,20	32,20	32,85
14	24	4,2	12	20	32,65	33,70	31,65	32,40
15	25	4,2	12	20	32,55	33,60	31,50	32,30
16	26	4,2	12	20	32,40	33,50	31,40	32,10
17	27	4,2	12	20	32,15	33,20	31,10	31,90
18	28	4,2	12	20	32,05	33,10	31,00	31,80
19	29	4,2	12	20	31,90	33,00	30,90	31,60
20	30	4,2	12	20	31,65	32,70	30,60	31,40
21	31	4,2	12	20	31,55	32,60	30,50	31,30
22	32	4,2	12	20	31,40	32,50	30,40	31,10
23	33	4,2	12	20	31,15	32,20	30,15	30,90
24	34	4,2	12	20	31,10	32,15	30,10	30,80
25	35	4,2	12	20	31,05	32,05	29,95	30,75
26	36	4,2	12	20	30,90	31,90	29,90	30,60
27	37	4,2	12	20	30,80	31,80	29,80	30,50
28	38	4,2	12	20	30,65	31,70	29,60	30,40
29	39	4,2	12	20	30,55	31,60	29,55	30,30
30	40	4,2	12	20	30,50	31,50	29,50	30,20
31	41	4,2	12	20	30,40	31,40	29,40	30,10
32	42	4,2	12	20	30,15	31,20	29,15	29,90
33	43	4,2	12	20	30,10	31,15	29,10	29,80
34	44	4,2	12	20	30,05	31,05	28,95	29,75
35	45	4,2	12	20	29,90	30,90	28,90	29,60
36	46	4,2	12	20	29,80	30,80	28,80	29,50

EK-2. Kontrol Programının Algoritması ve Aşamaları

Burada programlama dili olarak C derleyicisi kullanılmıştır. Bu dilin kullanılmasının nedeni; C derleyicisi, assembler diline göre daha kolaydır ve karışık işlemleri daha kolay şekilde çözmektedir. Şekil 5.19'da kaynak programın algoritması verilmiştir.



Şekil 2.1. Kaynak programın algoritma şeması

1 – Program işlemeye başlar.

2 - Gerekliyse önceki SETUP değerleri (termokupllar için ayarlanan alt ve üst sınır değerleri önceki ölçülen ve kaydedilen sıcaklık değerleri) sıfırlanır. Böylelikle yeni değerlerin girilmesi için uygun bir zemin hazırlanmış olur.

3 – 4 adet termokupl içerisinde herhangi birisi hem kontrol hemde ölçüm termokuplu olarak seçilir. Diğer termokupllar ise sadece ölçüm termokuplu olarak tayin edilmiş olur. Örnek olarak T_1 hem ölçüm hemde kontrol termokuplu seçilsin bu durumda diğer T_2 , T_3 ve T_4 termokuplları sadece ölçüm termokuplu olarak seçilmiş olacaktır.

4 – Kontrol termokuplu için sıcaklık alt ve üst sınır değerleri girilir. Örneğin;

$$T_{1a} = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{1ü} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Seçilmiş olsun.

5 – Ölçüm termokuplları için sıcaklık alt ve üst sınır değerleri girilir. Örneğin;

$$T_{2a} = 20 \text{ } ^\circ\text{C} \quad T_{2ü} = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{3a} = 15 \text{ } ^\circ\text{C} \quad T_{3ü} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_{4a} = 25 \text{ } ^\circ\text{C} \quad T_{4ü} = 32 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Olarak ayarlanmış olsun.

6 – Ölçümün başlayacağı başlangıç süresi girilir. Örneğin;

$$T_b = 10 : 00$$

Ölçümün süreceği toplam süre girilir. Örneğin;

$$T_t = 10 \text{ dk.}$$

Olarak ayarlanmış olsun.

7 – Örnekleme süresi (ölçüm aralığı) girilir. Örneğin;

$$T_ö = 1 \text{ dk.}$$

Olarak girilmiş olsun.

8 – Termokupllardan gelen ölçüm sonuçları alınır. Örneğin;

$$T_1 = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_3 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_4 = 30 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ olarak ölçülmüş olsun.}$$

9 – Termokupllardan gelen ölçüm sonuçlarını 240x128 Grafik LCD üzerinde gösterilir.

$$T_1 = 27 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_3 = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_4 = 30 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ olarak gösterilir.}$$

10 – Kontrol termokuplunun ölçtüğü sıcaklık değeri kontrol termokuplu için ayarlanan alt sıcaklık sınır değeriyle karşılaştırılır. Eğer bu sıcaklığın altında ise H-köprü konum değiştirir. Bunun neticesinde soğutma yapan termoelektrik modülün polariteleri değişir ve ısıtma yapar.

11 - Kontrol termokuplunun ölçtüğü sıcaklık değeri kontrol termokuplu için ayarlanan üst sıcaklık sınır değeriyle karşılaştırılır. Eğer bu sıcaklığın üzerinde ise H-köprü konum değiştirir. Bunun neticesinde ısıtma yapan termoelektrik modülün polariteleri değişir ve soğutma yapar.

12 – T_2 ölçüm termokuplunun ölçtüğü sıcaklık değeri kendisi için önceden belirlenen alt ve üst sınırların dışındaysa H-köprü termoelektrik modülün enerjisini keser. Böylelikle termokuplun bulunduğu bölgenin istenmeyen tehlikeli sayılacak sıcaklıklara ulaşması engellenmiş olur. Daha sonra sistemin kullanıcı tarafından tekrar açılması gerekmektedir.

13 – T_3 ölçüm termokuplunun ölçtüğü sıcaklık değeri kendisi için önceden belirlenen alt ve üst sınırların dışındaysa H-köprü termoelektrik modülün enerjisini keser. Böylelikle termokuplun bulunduğu bölgenin istenmeyen

tehlikeli sayılacak sıcaklıklara ulaşması engellenmiş olur. Daha sonra sistemin kullanıcı tarafından tekrar açılması gerekmektedir.

14 – T_4 ölçüm termokuplunun ölçtüğü sıcaklık değeri kendisi için önceden belirlenen alt ve üst sınırların dışındaysa H-köprü termoelektrik modülün enerjisini keser. Böylelikle termokuplun bulunduğu bölgenin istenmeyen tehlikeli sayılacak sıcaklıklara ulaşması engellenmiş olur. Daha sonra sistemin kullanıcı tarafından tekrar açılması gerekmektedir.

15 – Ölçümler ve karşılaştırmalar yapıldıktan sonra devre hala çalışmasına devam ediyorsa başlangıçta sıfır değerinde olan sayaça örnekleme süresi eklenir.

16 – Sayaç ile toplam ölçüm süresinin karşılaştırılması yapılır. Sayaç (T_s), toplam ölçüm süresine (T_t) eşit ise ölçüm bitmiştir ve bir sonraki aşamaya geçilir. Eğer sayaç, toplam ölçüm süresine eşit değilse ölçümlere ve karşılaştırmalara devam etmek için 8. aşamaya geri döner.

17 – Sayaç, Toplam ölçüm süresine eşit olduğu zaman ölçüm biter ve ölçüm süresince ve örnekleme aralıklarında ölçülen sıcaklık değerlerinin tamamı (kaydedilen sıcaklık değerleri) 240x128 grafik LCM ekranda gösterilir.

18 – Program sonlandırılır.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hüseyin DEMİREL
Doğum Tarihi : 26-03-1975
Doğum Yeri : ANKARA
Medeni Durumu : Evli, üç çocuk babası

İş adresi : K.B.Ü Karabük Meslek Yüksekokulu
 78050 / KARABÜK
 Tel: 0370 433 66 03 Fax: 0370 433 66 04
 e-mail: hdemirel@karabuk.edu.tr

Ev Adresi : 100. yıl Mah. / Birkent Sitesi / A Blok / No: 1 / 78050
 KARABÜK

Akademik Ünvanı ve Alınan Yıllar

Lisans : Gazi Ün. Teknik Eğt. Fak., Elt-Bil Eğt. Böl., 1997.
Y.lisans : Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Ens. Elt-Bil. Eğt. 1999.
Doktora : Gazi Ün. Bil. Ens. Elt-Bil. Eğt. Böl (Devam ediyor)

Yapmış Olduğu Görevler:

23.03.2009 - : Müdür Yardımcısı / KBÜ Meslek Yüksekokulu
30.09.2005 – 23.03.2009 : Elektrik Programı Sorumlusu ve Öğretim
 Görevlisi olarak Karabük Üniversitesi Meslek
 Yüksekokulu, Teknik Programlar Bölümü
23.01.1998 – 30.09.2005 : Arş. Gör. /G.Ü. Tek. Eğt. Fak. Elt-Bil. Eğt. Böl.
23.07.1997 – 23.01.1998 :İhlas Ambulans Fabrikasında İmalat Sorumlusu

YABANCI DİL SEVİYESİ

- KPDS : 68 (İngilizce)

BİLİMSEL ÇALIŞMALAR

SCI DERGİLERDE MAKALELER:

1. **H. Demirel**, B. Ciylan, B. Erkal and S. Yılmaz, *Design of a universal thermoelectric module test system for testing rat brain thermoelectric hypothermia*, IET Science, Measurement & Technology, 2007, 1, (3), pp. 160–165.

ULUSAL HAKEMLİ DERGİLERDE YAYINLANAN MAKALELER:

1. **DEMİREL H.**, GÜLER N. F., Bilgisayar Kontrollü CCTV Sistemi, Journal Of Polytechnic, 3, 23-29, ANKARA, 1999.
2. AHISKA R., **DEMİREL H.**, ERKAL B., Post Traumatic Protection Of Brain In Rats Using Rat Termohypotherm Device, Journal Of Science, 17(4):29-38, ANKARA, 2004.
3. AHISKA R., **DEMİREL H.**, GÜLER İ., Beynin Deneysel Travma Sonrasında Rat Termohipotermiya Cihazı ile Korunması., Sağlık Bilimleri Araştırma Dergisi (SBAD), ANKARA, 13, 26, 2004.

KİTAPLAR:

1. **DEMİREL H**, Elektronik Devre Elemanları ve Elektronik Devreler kitabı, Karabük, 2010 (Karabük Üniversitesinden onaylı)
2. **DEMİREL H**, Temel Düzeyde DC Devre Analizi Kitabı, Karabük, 2008. (Karabük Üniversitesinden Onaylı)
3. **DEMİREL H**, Alternatif Akım Devre Analizi Kitabı, 1.Bölüm, Lisans Yayıncılık, İstanbul, 2008.
4. BAY O. F., ERDEM O.A., **DEMİREL H.**, CİYLAN B., ERKAL B., Temel Bilgi Teknolojileri Kullanımı, Gazi Kitabevi, Ankara, 2002.
5. SAVAŞ Y., **DEMİREL H.**, CİYLAN B., İşlemsel Yükselteç ve Devre Deneyleri, Gazi Kitabevi, Ankara, 2002. (Gazi Üniversitesinden Onaylı)
6. GÜLER İ, SAVAŞ Y., CANAL R., **DEMİREL H.**, CİYLAN B., Elektronik Devre Elemanları ve Devre Deneyleri I, Ankara, 2001. (Gazi Üniversitesinden Onaylı)

BİLDİRİLER:

1. **DEMİREL H.**, AHISKA R., Mikrodenetleyicili Sıcaklık Kontrollü Rat Termohipoterm Sistemi, 3. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu, ANKARA, 165-173, Ağustos 2003.
2. **DEMİREL H.**, ERKAL B, Sıçanların Beyin İle Rectum Sıcaklıkları Arasındaki İlişkinin Yapay Sinir Ağları İle Modellenmesi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), KARABÜK, 30-32, Mayıs 2009.
3. **DEMİREL H.**, Sıçanlar İçin Sıcaklık Kontrollü Hipotermiya Sisteminin Tasarımı Ve Gerçekleştirilmesi, 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), KARABÜK, 276-281, Mayıs 2009.

PROJELER:

1. LdV Hareketlilik Projesi kapsamında **TR/04/A/F/EX1-021** kodlu ve "**Practical And Terminological Study On Electronic/Computer Technologies**" isimli **Exchange projesinde** yararlanıcı olarak 6 haftalık İspanya - Malaga çalışma seyahati.
2. LdV Hareketlilik Projesi kapsamında **TR/06/A/F/EX1-471** kodlu ve "**Use of Computer Based Education Technologies In Vocational Training**" isimli Exchange projesinde **yönetici ve yararlanıcı** olarak 2 haftalık İtalya – Palermo çalışma seyahati.
3. **DEMİREL H.**, AHISKA R., Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi (BAP 07/2002-33), **Mikrodenetleyicili Sıcaklık Kontrollü Rat Termohipoterm Sistemi.**