T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AMELİYATHANE KLİMA KONTROL SİSTEMLERİ İÇİN BULANIK UZMAN SİSTEM TASARIMI

Nazmi ETİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR SİSTEMLERİ
EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Konya, 2007

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AMELİYATHANE KLİMA KONTROL SİSTEMLERİ İÇİN BULANIK UZMAN SİSTEM TASARIMI

Nazmi ETİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR SİSTEMLERİ
EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

Bu tez 04 / 07 / 2007 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.

……	……	……
Prof.Dr.	Prof.Dr.	Yrd.Doç.Dr.
Novruz ALLAHVERDİ	Ahmet ARSLAN	Mehmet ÇUNKAŞ
(Danışman)	(üye)	(üye)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AMELİYATHANE KLİMA KONTROL SİSTEMLERİ İÇİN BULANIK UZMAN SİSTEM TASARIMI

Nazmi ETİK

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Prof.Dr. Novruz ALLAHVERDİ

2007, 62 Sayfa

Jüri: Prof.Dr. Novruz ALLAHVERDİ
Prof.Dr. Ahmet ARSLAN
Yrd.Doç.Dr. Mehmet ÇUNKAŞ

İnsan sağlığının hatta hayatının belirli durumlarında en kritik yerlerinden biri olan ameliyathanelerin normal yaşam ortamlarında çok farklı ve özel durumları taşıması gerekmektedir. Bu özel durumlar sürekli belli bir nem, ısı, hava, partikül ve ışıklandırma ile uygun malzeme yerleşim planları olarak sıralanabilir. Ameliyathane için gerekli ve sağlıklı ortam şartlarını sağlamak hem hastanın sağlığı açısından hayati önem taşır, hem de ameliyatın başarısını ve ameliyatı gerçekleştiren ekibin rahat çalışmasını etkiler. Bu sebeple ameliyathane için gerekli iklim şartlarının sağlanması için geniş çapta ısıtma, havalandırma ve klima sistemleri kullanılmaktadır.

Bu tezde, ameliyathane için gerekli ortam şartlarının sağlanması için bulanık uzman sistem (BUS) kontrollü bir tasarım yapılmıştır. Hedeflenen amaç için gerçek ameliyathaneler incelenmiş, bu ameliyathanelerde uygulanan sistemler araştırılarak daha verimli, konforlu ve güvenilir bir sistem olup olmadığı araştırılmıştır. Ayrıca BUS ile bir ameliyathanenin nasıl kontrol edilebileceği, avantaj ve dezavantajları

araştırılmıştır. Yukarıda sayılan avantajları sağlayabileceği teorik olarak görülen BUS için bir ameliyathane prototipi yapılarak uygun konfigürasyon tasarlanmıştır. Bu tasarım için ortam ısısı, partikül miktarı, nem değeri ve oksijen miktarı giriş parametreleri olarak; temiz hava girişi ve egzoz için fan devirleri çıkış parametresi olarak seçilmiştir. Bir uzman yardımıyla uygun dilsel ifadeler ve bu ifadelerin üyelik fonksiyonları belirlenmiştir. Sistemde kullanılması gereken sensörler gruplandırılmış, bu sensör bilgilerinin tasarlanan bir arabirim ile bilgisayara aktarımı sağlanmıştır. Sistem için C# ile bir ara yüz yazılarak veriler anlık olarak sisteme aktarılmıştır. Sistem prototip için en uygun kontrolü sağlayıp sağlamadığı ameliyat simüle edilerek kontrol edilmiştir. Bu denemelerde sensörlerden alınan giriş parametre değerleri ve BUS'ın hesapladığı çıkış parametre değerleri bilgisayara kayıt edilip, verilerin geriye dönük olarak kontrol edilebilmesi sağlanmıştır.

Sonuç olarak çalışmada, BUS ile yapılan ameliyathane prototip kontrolünde iyi sonuçların alındığı gözlemlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda BUS ile yapılan kontrolün daha ekonomik, konforlu, güvenilir ve kararlı bir kontrol sağladığı ve bunun gerçek ameliyathanelerde uygulanabilirliği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Ameliyathane Klima Sistemleri, Bulanık Kontrol Sistemler, Adaptif Bulanık Kontrol

ABSTRACT

MSc Thesis

FUZZY EXPERT SYSTEM DESIGN FOR OPERATING ROOM'S AIR-CONDITION CONTROL SYSTEMS

Nazmi ETİK

Selçuk University Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electronics and Computer Systems Education

Supervisor: Prof.Dr. Novruz ALLAHVERDİ

2007, 62 Pages

Jury: Prof.Dr. Novruz ALLAHVERDİ
Prof.Dr. Ahmet ARSLAN
Assist.Prof.Dr. Mehmet ÇUNKAŞ

As one of the most critical and vital places for human health theatres have very different and special conditions compared to normal living surroundings. Among these special features, keeping them at a certain level of moisture and temperature, air conditioning, partculing, lightening and the arrangement of materials in a suitable way can be listed. Providing the necessary environmental conditions in the theatres is of vital importance for both the patients' health and for the success of the operation, and for the personnel to work easily. Therefore, in order to provide necessary air-conditioning, large heating, and ventilation and air-condition (HVAC) systems are used.

In this study, a controlled fuzzy expert system (FES) was designed to provide the conditions necessary for theatres. For this purpose, real theatres have been studied to see if there are more useful, reliable and comfortable ones. How a theatre can be controlled with FES and its advantages and disadvantages have also been researched.

For a theoretically visible FES to show system's advantage a prototype theatre was built and a suitable configuration was designed. In this system, heat, particul, moisture and oxygen are used as input parameters, and fresh air entrance and the fan circulation are chosen as output parameters. With the help of an expert, appropriate language expressions and the membrane function of these expressions were defined. The sensors were classified and sensor information was transferred to computer by means of an interface designed. To transfer the data to the system simultaneously, an interface was written in C# . Whether it provides the most suitable control for the system prototype was determined by simulating the operation with varying number of personnel and duration of time. In these trials, input, output and the other necessary parameters were saved in the computer.

Consequently, in this study we obtained very good results in prototype theatre control with FES. The results of analyses carried out indicated that the controls performed with FES provide more economical, comfortable, reliable and consistent controls and that they are feasible in real theatres.

Key Words: Operating Room's Air-Condition Systems, Fuzzy Control Systems, Adaptive Fuzzy Control

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim sırasında desteğini esirgemeyip teşvik eden danışmanım Prof.Dr. Novruz ALLAHVERDİ'ye, çalışmalarım sırasında bir uzman olarak bilgi ve deneyiminden faydalandığım Sayın Prof.Dr.İ.Ünal SERT ve Öğr.Gör.İsmail SARITAŞ'a teşekkür ederim.

Bu çalışma S.Ü. BAP koordinatörlüğü tarafından 06401025 nolu proje ile desteklenmiştir. Kendilerine teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET……i
ABSTRACT……..……..iii
ÖNSÖZ……iv
İÇİNDEKİLER……..…vi
ŞEKİLLER LİSTESİ……..viii
ÇİZELGELER LİSTESİ……...ix
GRAFİKLER LİSTESİ…….....x

1. AMELİYATHANE KLİMA KONTROL SİSTEMLERİ İÇİN BULANIK UZMAN SİSTEM TASARIMI……..……..…….....1
1.1 Giriş……...……...1
1.2 Çalışmanın Amacı……...…….2

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI……3

3. AMELİYATHANELERDE KLİMA SİSTEMLERİ……...…7
3.1 Hastane ile Konfor Klima ve Havalandırma Arasındaki Farklılıklar……..8
3.2 Ameliyathane Klima ve Havalandırma Sistemi……10
3.2.1 Ameliyathane sıcaklığı……11
3.2.2 Ameliyathane nem oranı……11
3.2.3 Ameliyathanelerde taze hava oranı……11
3.2.4 Ameliyathanelerde partikül ve mikro-organizma sayısı……12
3.3 Klima Tesisatında Kullanılan Ekipmanların Özellikleri ……...…14

4. BULANIK MANTIK VE BULANIK UZMAN SİSTEM……..15
4.1 Bulanık Mantık Nedir……15
4.2 Bulanık Küme…….……..……16
4.3 Üyelik Fonksiyonu……...……..17

4.4 Bulanık Mantık Denetleyici Sistemler……..……19
4.5 Bulanık Sistemler……...…20

5. BULANIK UZMAN SİSTEMİN TASARIMI VE UYGULAMASI…….21
5.1 Bulanık Kontrolör Tasarımı……...21
5.2 Klima Isıtma/Soğutma Rejimi……...34
5.3 Sistemde Kullanılan Çevre Birimleri…….....35
5.3.1 Oksijen ve sıcaklık sensörü…….35
5.3.2 Nem sensörü……36
5.3.3 Partikül sersörü……37
5.3.4 PC ile fanın hız kontrolü…….39
5.3.5 Oluşturulan ameliyathane prototipi…….42
5.4 Kullanılan Bilgisayar ve Yazılımı……..45
5.4.1 Bulanık uzman sistem yazılımı……...45
5.5 Ameliyathane Prototipinde Yapılan Testler……...…48
5.5.1 Test amaçlı ameliyat tatbikatı…….48
5.5.2 BUS'ın kötü ortam şartlarından sistemi taşıma testi…….....…53

6. SONUÇ VE ÖNERİLER…….....58

7. KAYNAKLAR……...61

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1 Laminar akış düzenli uygulama……..…..13
Şekil 3.2 Türbülans düzenli uygulama…….13
Şekil 3.3 Duvar difizörü uygulaması……...14
Şekil 4.1 Sıcak, Normal ve Soğuk dilsel ifadelerinin üyelik fonksiyonu……...18
Şekil 4.2 Aralık değerli üyelik fonksiyonu……..18
Şekil 4.3 Kapalı döngülü denetim sistemi……..…….19
Şekil 5.1 Kontrol sistemi için tasarlanan bulanık kontrolör modeli……22
Şekil 5.2 Oksijen & Sıcaklık Sensörü…..……..……...35
Şekil 5.3 Nem Sensörü.. ……..……..……..36
Şekil 5.4 Partikül Sensörü.. ……..……..…….37
Şekil 5.5 Partikül Sensörü Ara Devresi……..……..…38
Şekil 5.6. Partikül Sensörü Ara Birim Baskı Devresi……..……38
Şekil 5.7 Havalandırmada Kullanılan DC Fan……..……..40
Şekil 5.8 DC Fan Hız Kontrol Devresi……..……..40
Şekil 5.9 DC Fan Hız Kontrol Ara Birim Baskı Devresi……..……...…41
Şekil 5.10 Grup1-Havalandırma Fanı, Egzoz Fanı ve Sersörler.. ……...43
Şekil 5.11 Grup2- Havalandırma Fanı, Egzoz Fanı ve Sersörler…….43
Şekil 5.12 Oluşturulan Devre ve Sensörlerin Bilgisayar Bağlantısı……44
Şekil 5.13 Sensörlerin Ekranları Görüntüleri.. ……..……..44
Şekil 5.14 Programın Ana Sayfa Görüntüsü……..……..46
Şekil 5.15 Sıcaklık Üyelik Değerleri……..…….47
Şekil 5.16 Klima Fan Devri Üyelik Değerleri……..……...47
Şekil 5.17 Bağlantı Noktaları……..……..……...47

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 5.1 Sistem giriş/çıkış değişkenlerinin bulanık sözel değişkenleri……..…23
Çizelge 5.2 Sistem giriş/çıkış değişkenlerinin özellikleri……23
Çizelge 5.3 Gurup 1 giriş/çıkış parametreleri için kural tablosu.. ……..30
Çizelge 5.4 Gurup 2 giriş/çıkış parametreleri için kural tablosu…….32
Çizelge 5.5 Test Çıkış Değerleri……..……49
Çizelge 5.6 Test Çıkış Değerleri.. ……..……..……...54

GRAFİKLER LİSTESİ

Grafik 5.1 Ameliyathane sıcaklık değeri için sözel değişkenlerin üyelik fonksiyonları…….24
Grafik 5.2 Ameliyathane nem değeri için sözel değişkenlerin üyelik fonksiyonları……...25
Grafik 5.3 Ameliyathane oksijen değeri için sözel değişkenlerin üyelik fonksiyonları……..26
Grafik 5.4 Partikül değeri için sözel değişkenlerin üyelik fonksiyonları……27
Grafik 5.5 Ameliyathane klima fan devri için sözel değişkenlerin üyelik fonksiyonları……29
Grafik 5.6 İki gurup için sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması……..51
Grafik 5.7 İki gurup için nem değerlerinin karşılaştırılması……51
Grafik 5.8 İki gurup için oksijen değerlerinin karşılaştırılması……...51
Grafik 5.9 İki gurup için partikül değerlerinin karşılaştırılması.. ……...52
Grafik 5.10 İki gurup için klima fan devir değerlerinin karşılaştırılması.. …….52
Grafik 5.11 İki gurup için egzoz fan devir değerlerinin karşılaştırılması.. …….52
Grafik 5.12 İki gurup için sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması.. …….55
Grafik 5.13 İki gurup için nem değerlerinin karşılaştırılması.. ……...55
Grafik 5.14 İki gurup için oksijen değerlerinin karşılaştırılması.. ……..56
Grafik 5.15 İki gurup için partikül değerlerinin karşılaştırılması. ……..56
Grafik 5.16 İki gurup için klima fan devir değerlerinin karşılaştırılması.. …….56
Grafik 5.17 İki gurup için egzoz fan devir değerlerinin karşılaştırılması.. …….57

1. AMELİYATHANE KLİMA KONTROL SİSTEMLERİ İÇİN BULANIK UZMAN SİSTEM TASARIMI

1.1 Giriş

Cerrahi bir operasyon esnasında ameliyathanenin, hastanın hayati fonksiyonlarının düzgün çalışması için belirli bir sıcaklık değerinde tutulması, oda içerisindeki partikül sayısını en aza indirilmesi, ameliyat edilen hastanın enfeksiyon kapmasını engellenmesi açısından, hastanın ve ameliyat ekibinin termik konforunun sağlaması gerekmektedir. Bunun sebepleri arasında ameliyathane sıcaklığının düşük veya yüksek olması hastaların ameliyat esnasındaki vücut fonksiyonlarının düzgün çalışmasında etkili olması, ameliyat olan hastanın kan kaybını en aza indirgenmesi, operatörlerin ve özellikle hastanın mikrop kapmalarının önlenmesi ve ameliyathanelerde mikropların üremelerinin önlenmesi gösterilebilir.

Dışında uygun olmayan iç ve dış ortamlardan dolayı diğer odalarda da klima tesisatına ihtiyaç duyulabilir. Uygun olmayan bina dışı şartları olarak aşağıdakiler sayılabilir:

- Çok kirli dış hava;
- Çok yüksek bina dışı gürültü seviyeleri;
- Dışarıdan gelen yüksek ısı yükü;
- Sık görülen şiddetli rüzgar;
- Bina yüksekliğinin fazla olması;

Uygun olmayan iç şartlar için de aşağıda belirtilenler sayılabilir:

- Medikal cihazların yaydıkları ısı nedeni ile ısı yükünün fazla olması;

- Oda havasının narkoz gazları, dezenfeksiyon gazları ve diğer pis kokular nedeni ile aşırı kirlenmesi;
- Tedavi ve diğer bölümlerde hava debisinin dengelenmesi;
- Dışarıya açılan penceresi bulunmayan mahaller;
- Personelin solunumundan kaynaklanan kirli hava oluşumu.

Yukarıda belirtilen uygun olmayan iç ve dış şartlardan dolayı ameliyathane ortamının hijyenini sağlayan belirli kriterler (sıcaklık, nem, temiz hava seviyesi) için gerekli seviyelerde tutulması önemli bir problemdir.

1.2 Çalışmanın Amacı

Bulanık kontrol; günümüzde birçok alanda problem çözmede kullanılan bir sistemdir. Bulanık düşünme özellikle insan günlük hayatında ve sosyal, ekonomik, psikolojik, tıp ve diğer birçok dallarda geçerlidir. Dünyadaki kullanım alanlarına bakıldığında bulanık kontrol sistemleri; uygulandığı alanlarda zaman, enerji, iş gücü ve büyük ekonomik kazançlar sağlanmaktadır.

HVAC sistemlerinin BUS kontrollünde yapıldığı çalışmalar da mevcuttur. Bunlara ameliyathane klima sistemlerinin kontrolünde bulanık mantığın kullanıldığı çalışmayı [Malpica-Romero, 1994] ve sera havalandırma sistemlerinde bulanık mantığın kullanıldığı çalışmayı [Nachidi, 2006; İstanbullu, 1996; Caponetto, 1998] örnek olarak gösterebiliriz.

Bu çalışmada amaç, ameliyathane ortamı için istenen optimum şartların, sensörler yardımı ile alınan anlık değerlerin tasarlanan bulanık uzman sistem tarafından değerlendirilerek gerektiğinde ameliyathane klima sisteminin bu veya diğer bir rejimde devreye sokulmasıdır. Bunun için sıcaklık ve nem sensörlerinden alınan veriler, bulanık uzman sistem tarafından değerlendirilerek klimaların soğutma veya ısıtma yapmak üzere sistem tarafından devreye sokulacağı bir ameliyathane simülasyonu yapılması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Literatürde, bulanık mantık ve ameliyathane klima sistemlerinin yapısıyla alakalı çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Fakat literatür taramalarında, klima sistemlerinin kontrolünde bulanık mantık yönteminin kullanımı ile ilgili yalnız iki çalışmayla karşılaşılmıştır. Bunlardan birincisi Malpica-Romero A.D. ve Assad G.D. tarafından 1994 yılında yapılmıştır. Bu çalışmada sadece ameliyathanenin sıcaklık kontrolü yapılarak bulanık kontrole giriş parametresi sağlanmaktadır. Bu alandaki ikinci çalışma ise Sarıtaş İ., Taşkıran U. ve Ünal Y. tarafında 2005 yılında yapılmıştır. Aynı şekilde sadece ameliyathane içi sıcaklık değerlerinin giriş parametresi olarak kabul edildiği bir çalışmadır. Diğer hayati önem taşıyan parametreler ameliyathanenin havalandırılması ve ısıtma/soğutma işleminde önemli bir kriter olarak ele alınmamıştır.

Bulanık kontrolün ev klima soğutma sistemlerinde ve akıllı ev projelerinde de kullanıldığı çalışmalar mevcuttur. Çalışma alanımızla çok büyük farklılıklar içerse de, yapılacak çalışmalara ışık tutması açısından bu kaynaklar da incelenmiştir.

Malpica-Romero A. D ve Assad G. D (1994), ameliyathane kontrollerinde bulanık mantığın kullanıldığı bir çalışmadır. Ameliyathaneler için farklı alanlarda bulanık kontrolün yapıldığı bu çalışma Malpica-Romero A. D ve Assad G. D. tarafından yapılan, insan hayatına direkt etki eden bir iklimlendirme hastane uygulamalarıdır. 7 farklı ameliyathaneden birer dakika arayla sıcaklık değerleri alınarak bilgisayar kontrollü olarak bulanık sisteme giriş parametresi kabul edilmiş ve gerekli hesaplamalar ve ısıtma/soğutma işlemleri tek giriş parametresine bağlı kalınarak yapılmıştır. Diğer hayati kriterlerin ise göz ardı edildiği görülmektedir. Hastane iklimlendirmelerinde bulanık mantık kullanılması ile ilgili olarak bir referans çalışması yapmışlar ve başarılı sonuçlar almışlardır.

Sarıtaş İ., Taşkıran U. ve Ünal Y. (2005), yaptıkları bir çalışmada ameliyathanelerin sıcaklık kontrolü için bir bulanık kontrol sistemi tasarlamışlardır. Örnek bir ameliyathane modeli ele alınmış, dört farklı noktadan klimalar konumlandırılmış, altı adet algılayıcı ile ısı kontrolü için giriş verileri alınmıştır. Bu

verilere göre değerlendirme yaparak hangi taraftaki klimanın ısıtma yâda soğutma yapacağına karar veren bir kontrol sistemi geliştirmişlerdir. Böylece keskin sıcaklık değişimlerinin önüne geçilmesi, enerji kaybının minimuma indirilmesi ve sıcaklığın düzgün dağılımı sağlamayı amaçlamışlar ve sonuç olarak başarılı olmuşlardır.

Şengirgin M. (2003), ısıtma, havalandırma ve klima sistemlerinde denetimle ilgili çalışmasında gelişen teknoloji ile daha yüksek konfor şartlarının arandığı günümüzde en ekonomik şekilde ısıtma, havalandırma ve klima (HVAC) sistemleri gelişim sürecini incelemiştir. Bu çalışmada HVAC sistemlerinin gelişim sürecinin yanı sıra buna bağlı olarak HVAC sistemlerinin denetiminde geliştirilen yöntemlerden de bahsedilmiştir. Bu denetim sistemlerinde kullanılması muhtemel bulanık mantık, yapay sinir ağları ve genetik algoritmanın HVAC sistemlerinin enerji tasarrufu ve değişikliğe hemen cevap vererek verimliliği arttırma durumları incelenmiştir.

Özerk A. ve Sinecen M. (2004), klima sistem kontrolünün bulanık mantık ile modellemesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada matematiksel modellemesi zor ve karmaşık olan klima cihazının bulanık mantık ile modellemesi ve simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Oda sıcaklığı kontrolünde nemin de önemli bir parametre oldu vurgulanmıştır. Isıtma/soğutma işlemlerinde oda sıcaklığının istenilen düzeye getirilse bile nem değerinin de otomatik olarak değiştiği gözlemlenmiş, bu sebepten dolayı sadece ısıtma/soğutma işleminin gerçekleştirilmesi konfor düzeyini arttırmayacağı, buna yanı sıra ortam nem oranının da belirlenen düzeye getirilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Oluşturulan sıcaklık, nem giriş parametreleri için üyelik fonksiyonları ve klimaya ait kural tablosu makalede verilmiştir.

Simülasyon testlerinde sıcaklık ve nem değişiminin daha yumuşak olduğu gözlemlenmiş, bunu bağlı olarak ısı ve nem değişimini sağlayan mekanizmaların istenilen değere daha hızlı ulaştığı görülmüştür. Bununla da ısıtıcı, soğutucu ve nemlendiricinin devrede daha az kalarak daha az enerji ile istenilen sıcaklık ve neme daha çabuk ulaşmayı sağlanmıştır.

Banks W., Peter A. ve Sherif A. (1995), bulanık mantık tabanlı akıllı ev kontrol sistemi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada bulanık mantıkla ev kontrolünün enerji yönetimi, ışıklandırma, güvenlik, klimalandırma gibi birçok alanda kullanılabilirliğinden bahsedilmiştir. Örnek olarak klima ile ev ısıtma/soğutma işleminde bulanık mantıkla kontrolün nasıl yapılabileceğinden bahsedilmiş, oda konfor derecesi ev içinden ve dışından farklı noktalardan sıcaklık değerleri giriş parametresi olarak alınmıştır. Sıcaklık değerleri: soğuk, normal ve sıcak olarak üç dilsel ifadede temsil edilmiştir. Amaç oda ısıtma/soğutma işleminde enerji kaybının en aza indirilmesidir. Oluşturulan prototipte sıcaklık sensörlerinden alınan analog sinyaller (0-5V) dijital sinyallere çevrilerek mikrokontrolöre (PIC16C74) giriş yapılmıştır. Prototip testlerinde ısıtma/soğutmada görülen sistemin başarısı, diğer ev kontrollerinde de başarının olabileceğinin kanıtı olmuştur.

Haque A. F (1994), ev soğutma sistemlerinde bulanık kontrolün kullanıldığı bir çalışmadır. Sıcaklığın sadece termostatla on/off şeklinde kontrol edildiği sistemlere karşın hedefin ev içerisinde hava kalitesinin ve ortam konforunun üst düzeye taşınması hedef alınarak yapılan bir çalışmadır. Ortam sıcaklık ve nem değerinin giriş parametresi olarak kabul edildiği çalışmada, sıcaklık: soğuk, ılık ve sıcak; nem ise kuru, ılımlı ve nemli olarak üç dilsel ifadede temsil edilmiştir. Klimanın çalışma rejimi ise çıkış parametresi olarak beş dilsel ifade olarak kabul edilmiştir. Giriş ve çıkış parametreleri üçgen şeklinde üyelik fonksiyonuyla bulanıklaştırılmıştır.

Gerçek bir uygulamada test edilemeyen çalışma, simülasyon testlerinde başarılı sonuçlar almıştır. Ama uygulamanın gerçek ortamda test edilememesi çalışma için bir dezavantajdır. Çünkü gerçek ortamda uygulama şansı bulunamamıştır.

Soy H. (2006), gömülü sistem üzerinde bulanık kontrol ile ev otomasyonun gerçekleştirildiği bir çalışmadır. Bu çalışmada bulanık mantıkla geliştirilmiş kontrol birimi mikro kontrolör içine gömülerek ev otomasyon sisteminin kontrolünde görevlendirilmiştir. Ev otomasyon sisteminin yapısı düşünüldüğünde belirlenen kontrol stratejisi için bulanık kontrol çok uygun olduğu gözlemlenmiştir. Kontrolörün giriş parametreleri bina içi sıcaklık, bina dışı sıcaklık ve nispi nem üzerine kurulmuştur. Simülasyon testlerinde başarılı sonuçlar alınmıştır; gerçek ortamda test edilememiştir.

Dramalı A. (2006), hastane enfeksiyonlarının önlenmesinde merkezi sterilizasyonun önemi üzerinde durulan bir çalışmadır. Ameliyathane iç yapısından, hangi ünitelerden meydana geldiğinden, ameliyathane içi ve ameliyathane dışı ortam faktörlerinden detaylı olarak bahsedildiği bir çalışmadır. Yine bu çalışmada ameliyathane için gerekli ortam sıcaklık değeri ve nem yüzdesinin maksimum ve minimum aralıkları verilmiştir.

Beşer E. (2001), hijyenik klima santralleri üzerinde durulan bir çalışmadır. Havalandırma sisteminin merkezi kabul edilen klima santrallerindeki hijyen şartlarını oluşturmak için sahip olması gereken özellikler üzerinde durulmuştur. Ayrıca hijyenik klima santralleri ile ilgili kabul edilen standartlara ayrıntılı olarak değinilmiştir.

Güven K.O. (2003), ameliyathanelerde hijyenik klima tesisatından bahsedilen diğer bir çalışmadır. Ameliyathane iç/dış şartlarından bahsedilmiş, farklı tür ameliyatlar için olması gereken ameliyathane içi sıcaklı, nem ve partikül değerleri ortaya konulmuştur. Ayrıca ameliyathanelerde özel hava dağılım yöntemleri şekillerle ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Bu literatür incelemesinde de görüldüğü gibi son yıllarda esnek hesaplama yöntemleri tıp da olmak üzere çok farklı alanlarda uygulamaya başlanmıştır. Bulanık mantık, probleme farklı yaklaşım tekniğiyle sorun çözmede şaşırtıcı başarılar göstermekte ve farklı alanlarda da uygulamaları yapılmaktadır.

Bu yaklaşımdan yola çıkarak bu çalışmada ameliyathane klima sistemlerinin bulanık mantık yöntemiyle kontrolü amaçlanmıştır. Literatür incelemesinde sadece sıcaklık parametresi baz alınarak klimaların kontrol edildiği iki çalışma ile karşılaşılmış ve bunu geliştirerek daha fazla giriş parametresinin (kriterin) göz önünde tutulacağı bir sistem tasarlaması hedef olarak seçilmiştir. Bu yönde çalışma yapılarak ameliyathane klima sistemleri için bir bulanık uzman sistem tasarlanmış ve bir ameliyathane prototipi üzerinde uygulama yapılmıştır.

3. AMELİYATHANELERDE KLİMA SİSTEMLERİ

Hijyenik klima ve havalandırma sistemleri, hastane, ilaç, gıda, hijyenik ürünler üreten sektörler, laboratuarlar, mikron düzeyinde cihaz üretiminin söz konusu olduğu alanlar ve benzeri sahalarda, tesisat mühendislerinin karşısına çıkmaktadır. Partikül ve mikro-organizma sayısının önem taşıdığı ortamlar, hijyenik ortam veya temiz oda olarak tanımlanmaktadır. Hijyenik ortam ve temiz oda kavramlarının temeli aynıdır. Pratikte, canlı taneciklerinin sayısı ve türü önem taşıdığı ortamlar hijyenik ortam olarak tanımlanır. Cansız partiküllerin sayısının önemli olduğu ortamlara ise temiz oda denilmektedir. Hijyenik ortamlarda ve temiz odalarda, ortamın temizlik sınıfına göre değişik çaplardaki gerek canlı gerekse cansız taneciklerin sayısı, standartlarda belirtilen değerlerin altında tutulması gerekmektedir.

Hastane klima ve havalandırma sistemleri hijyenik tesisat kavramı içinde yer almaktadır. Hastaneler ve özellikle ameliyathanelerde, standartlara uygun havalandırma sisteminin tasarlanmaması, montajının yapılmaması ve ayrıca işletilmemesi, geri dönüşü olmayan durumlar ortaya çıkarmaktadır.

Hastane klima ve havalandırma sistemleri ile ilgili çeşitli standartlar ve yayınlar mevcuttur. DIN 1946/4 standardı Türkiye'de ve Avrupa'da ana referans olarak kabul edilen bir standarttır. Bu standartta, hastane klima ve havalandırma sistemlerinin tasarımı, kullanılacak cihazların teknik özellikleri, cihazların montajı, kullanımı sırasında dikkat edilecek hususlar, test ve bakım konularında detaylı bilgiler verilmiştir [Mobedi, 2003].

Orta büyüklükte bir hastanede, ameliyathane acil durumlar dışında 8-12 saat arasında kullanılır. Enerji ekonomisi sağlamak amacı ile kullanma saatleri dışında, hava miktarının azaltılması istenir. Bu durum genel basınç dengesini bozabilir. Proje aşamasında, ameliyathanenin kullanılma koşulları hastane yönetimi tarafından bildirilmelidir [İsa, 2004].

Ameliyathanelerde istenilen koşullar şöyledir [İsa, 2004]:

- Sıcaklık 20-24 C arasında ayarlanabilmelidir.
- Bağıl nem minimum %50, maksimum %60 olmalıdır.
- Pozitif basınç %15 fazla hava vererek sağlanmalıdır.
- Kapılar sızdırmaz olmalı, duvar ve tavanlarda sızdırmazlık sağlanmalıdır ve mümkünse oda içinde pozitif basınç özel bir manometre ile izlenebilmelidir.
- Mahal içindeki nem ve sıcaklı ölçen cihazlar kolayca görünebilir bir yerde olmalıdır.
- Genellikle temiz hava tavandan verilir. Çevre duvarlarındaki döşemeye yakın egzost menfezleri ile çekilerek aşağıya doğru laminer akım teşkil edilir. Komple filtre bankosu haline getirilmiş bir tavan veya özel olarak imal edilmiş bir filtre hücresini içeren bir veya birkaç tavan difüzöründen üfleme yapılır.
- Kanallarda akustik tecrit yapılacaksa, yangın emniyeti yanında mantar üremesini engelleyen bir boya ile korunmalıdır.

3.1 Hastane ile Konfor Klima ve Havalandırma Arasındaki Farklılıklar

Hastane klima sistemlerinin tasarımı, uzmanlık isteyen bir dal olup, konfor klima sistemlerinin tasarımından daha zordur. Hastane klima ve havalandırma sistemlerinin tasarımını, montajını, işletme ve bakımını konfor kliması tasarımına göre zorlaştıran faktörler şu şekilde sıralanabilir [Beşer, 2001]:

1- Yukarıda da belirtildiği gibi hastane klima ve havalandırma sistemlerinin tasarımında en önemli zorluk beş parametrenin (sıcaklık, nem oranı, taze hava oranı, partikül, mikro-organizma ve ortam basıncı) aynı anda göz önüne bulundurulması ve tasarımın bu beş parametreye göre yapılmasıdır.

2- Hastane klima ve havalandırma sistemlerinde, filtrasyon konfor klimasına nazaran daha fazla önem taşımaktadır. Bu konu yalnızca birinci sınıf ortamlar için geçerli olmayıp, ayrıca ikinci sınıf ortamlarda da dış ortamdan alınan ve ortama verilen havanın filtrelenmiş ve mümkün olduğu kadar canlı ve cansız partiküllerden arındırılmış olması gerekir.

3- Hastane ortamlarında bulunan değişik kimyasal ve biyolojik gazlarının konsantrasyonunu azaltmak ve tehlikesiz hale getirmek için, taze hava oranına daha fazla önem vermek gerekir. Hastane havasının ısıtılması, soğutulması ve nem oranının ayarlanmasına ek olarak kesinlikle hastanenin bütün ortamlarına taze hava verilmesi gerekir. Hastanenin değişik bölümlerine verilmesi gereken taze hava miktarı DIN 1946/4 standardında belirtilmiştir.

4- Hastanelerde, ortamlar arası hava akışı önemlidir. Değişik hijyenik sınıfına sahip olan ortamlar arasındaki hava akışı standartlara uygun olması gerekmektedir. Genelde hava akışı, hijyen derecesi yüksek olan ortamdan hijyen derecesi düşük olan ortama doğru olmalıdır. Bilindiği gibi, hava akışı bir ortamın hava basıncı, yan ortamlara göre pozitif veya negatif basınçta tutulması ile mümkün olmaktadır. İkinci sınıf ortamlarda bile, hastalığın yayılmaması açısından ortamlar arasındaki hava akışına dikkat etmek gerekir. DIN 1946/4 standardında hastanedeki değişik ortamların arasındaki hava akışı belirlenmiştir. Hava akışının belirtilmediği ortamlar için, hastane hijyenistlerine danışarak, ortamın pozitif veya negatif basınçta tutulmasına karar vermek gerekir.

5- Hastane klima ve havalandırma sistemleri direk insan sağlığı ile ilgilidir. Bu nedenle, sistemin tasarımı, işletilmesi, bakımı ve servisi sırasında oluşan problemlerden ve aksaklıklardan dolayı geri dönüşü olmayan durumlar ortaya çıkabilir. Hastanelerde, hava şartları daha hassas ve daha güvenilir bir şekilde tasarlanıp ve kontrol altına tutulmalıdır.

6- Hastanelerde değişik ortam ve bölümler mevcuttur. Bu ortamların sıcaklığı, nem oranı, taze hava oranı, ortam basıncı, mikroorganizma ve partikül sayısı birbirinden farklı olmalıdır. Bu da, hastanelerde zon sayısının arttırılmasına neden olmakta, tasarım ve kontrol zorluğu yaratmaktadır.

7- Şüphesiz, hastane klima ve havalandırmasında kullanılan bütün cihazlar hijyenik yapıda ve bu konudaki standartlara uygun olması gerekir. Seçimlerde, cihazların ses

seviyesi, çevre dostu olması, uzun ömürlü gibi parametrelere ek olarak cihazların hijyen kurallara uygun olmasına dikkat edilmelidir.

3.2 Ameliyathane Klima ve Havalandırma Sistemi

Yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı hastane klima ve havalandırma sistemleri konfor klimasına nazaran daha zordur. Özellikle, birinci sınıf ortamlarda, havanın sıcaklığı, nem oranı, taze hava oranı, partikül ve mikro-organizma sayısı ve ayrıca ortam basıncının aynı anda ve hassas bir şekilde kontrol edilmesi gerektiği için, bu ortamların tasarımına daha dikkat edilmelidir. Ameliyathaneler birinci sınıf ortamlar arasında özel bir yere sahiptir. Ameliyathaneler, enfeksiyon riski yüksek olan ortam olarak bilinmektedir. Bu nedenle, DIN 1946/4 standardında ameliyathanelerin havalandırılması ile ilgli ayrı bir bölüm düzenlenmiş ve bu konu detaylı olarak ele alınmıştır. Ameliyathanelerde havanın sıcaklığı, nem oranı, taze hava oranı, partikül ve mikroorganizma sayısı ve ortam basıncı sürekli kontrol altına olmalıdır. Sistem durmadan sürekli tam yükte veya istenilen koşullar bozulmadan düşük yükte 24 saat çalışmalıdır [Mobedi, 2003].

Günümüzde, bilgisayar kontrollü adaptif denetleyiciler, sistem dinamiğinin hesaplayarak (estimation) bu değerlerle en uygun denetleyici ayarlarını yerine getirmek için kullanılır. Her bir örnek arasındaki sistem parametrelerinin sürekli güncellenmesi işlemi ile düzenlenen parametreler bellekte saklanıp bu değerler denetim fonksiyonun düzgünleştirilmesi için ileriki adımlarda geriye dönük kullanılır [Şengirgin, 2001].

3.2.1 Ameliyathane sıcaklığı

Ameliyathane sıcaklığı, ameliyathane ekibinin konforu açısından önem taşımaktadır. Ameliyat sırasında konforun sağlanmaması, ameliyat ekibinin konsantrasyonu ve dolayası ile operasyon başarısını etkilemektedir. Bu nedenle, ameliyathane sıcaklığı, ameliyat ekibi tarafından kontrol edilmesi gerekmektedir. Gerekli konforun sağlanması için sıcaklığın 20-22 ºC arasında olması gereklidir.

Bazı ameliyatlarda hasta vücut sıcaklığı, ameliyat için önem taşımaktadır. Bu tip ameliyatlarda konfor sıcaklığının sağlanmasından ziyade, hasta vücut sıcaklığının kontrol edilmesi ön plana çıkmaktadır. Ameliyat ekibi, ameliyathane sıcaklığını uygun gördüğü sıcaklıkta ayarlayabilmelidir.

Sıcaklığın artması mikroorganizmaların çoğalmasında önemli rol oynamaktadır. Ortam sıcaklığının artması ile beraber mikroorganizma üreme hızı da artmakta, bu nedenle ameliyat yapılmadığı zamanlarda bile ameliyathane sıcaklığının düşük olması faydalıdır.

3.2.2 Ameliyathane nem oranı

Ameliyathane nem oranı ameliyat ekibinin konforu açısından önem taşımaktadır. Ameliyathanelerde nem oranı, ameliyat ekibini rahatsız etmeyecek oranda olmalıdır. Genellikle ameliyathanelerde nem oranı ile ilgili zorlama yapılmamaktadır. Ancak, ameliyatın başarısı açısından nem oranın %30-50 değerleri arasında olması gerekmektedir.

3.2.3 Ameliyathanelerde taze hava oranı

Ameliyathanelerde yayılan narkoz ve diğer biyolojik ve kimyasal maddeler, ameliyat ekibini rahatsız etmekte ve ameliyat başarısını etkilemektedir. Dolayası ile ameliyathaneye taze havanın verilmesi, bu gazların oranlarının düşürülmesi açısından önem taşımaktadır. Ameliyathanelerde iç hava kalitesi, ameliyathane konfor şartlarını

sağlanmasında ve ameliyat ekibinin konsantrasyonunun bozulmamasında önemli rol oynamaktadır.

3.2.4 Ameliyathanelerde partikül ve mikro-organizma sayısı

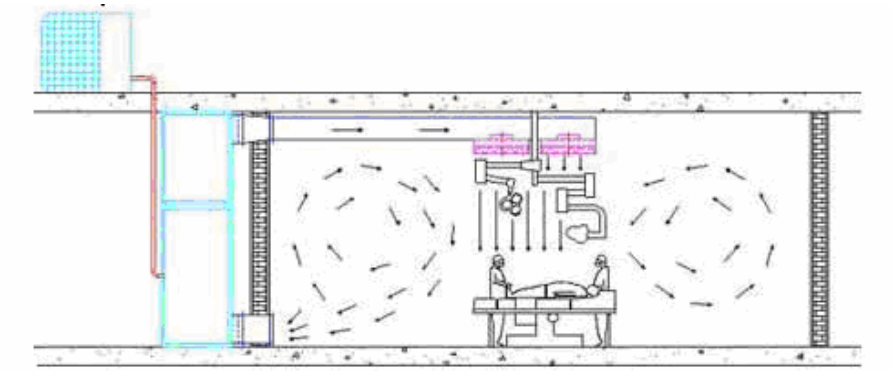
Ameliyathanelerde hava yolu ile oluşan enfeksiyon oranı direkt partikül ve mikroorganizma sayısına bağlıdır. Ameliyathane havasında partikül ve mikroorganizma sayısının artması, enfeksiyon riskini arttırmaktadır.

Prensip olarak ameliyathanelerde partikül ve mikroorganizma üretimini yok etmek mümkün değildir. İnsan, partikül ve mikroorganizmanın yayılmasında en büyük etken olarak kabul edilmektedir. Yürümekte olan bir insanın yaydığı partikül ve mikroorganizmalar dakikada 10000 adet olup, bunların %5 - %10'u, 2.5 – 10 mikron arasında bakteri taşıyan partiküllerdir. Ameliyat sırasında ameliyathanede yapılan ölçümler, ameliyat ekibinin bulunduğu ortamın en yüksek partikül konsantrasyonuna sahip olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, özellikle ameliyat ekibinin bulunduğu bölge ve hasta etrafında, partikül ve mikroorganizma sayısını düşürmek gerekir.

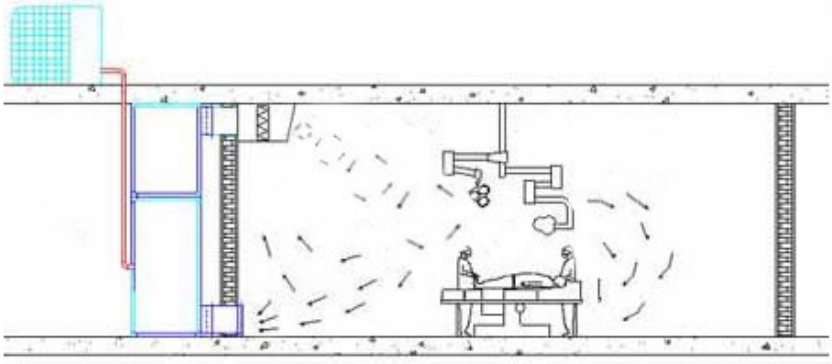
Ameliyathanelerde partikül ve mikroorganizmaları yok etmek mümkün değildir. Ameliyathanelerde, partikül sayısını düşürmek ancak ameliyathaneye partikül ve mikroorganzimalardan arındırılmış havanın verilmesi ve ameliyathane içindeki partikül konsantrasyonu yüksek olan havanın egzost edilmesi ile mümkün olmaktadır. Bu da, ameliyathanelerde havalandırmanın önemini göstermektedir [Mobedi, 2003].

Yukarıda da bahsedildiği gibi, ameliyathane havası ile ilgili istenilen şartları sağlamak ameliyat başarısı açısından önem taşımaktadır. Ancak beş parametrenin aynı anda kontrol altına tutulması özel cihazların kullanılması ve özel sistem tasarımların yapılması ile mümkün olmaktadır. Ameliyathane klima ve havalandırılması ile ilgili belirtilmesi gereken önemli husus ise, sistem tasarımının önemli olduğu kadar, cihaz seçimi, cihaz montajı, işletilmesi ve bakımının da o kadar önem taşımasıdır.

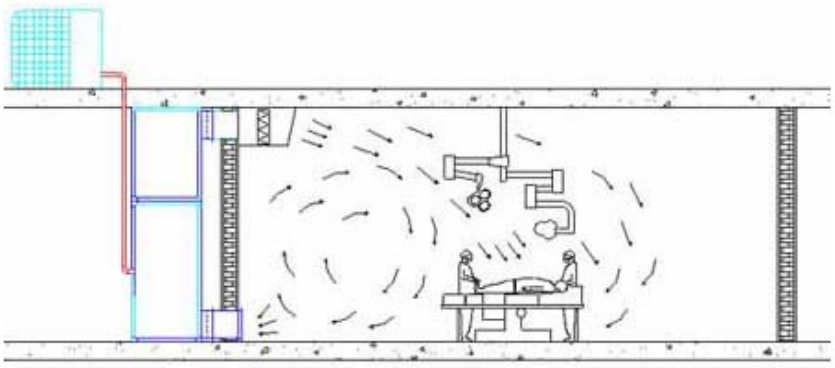
Ameliyathanelerde özel bir hava dağılımı temin etmek için özel elemanlar kullanılır. Üfleme havası mutlak olarak hepa filtreli bir terminalden geçirilerek mekâna gönderilir. Hava dağıtım sisteminde laminar akışlı sistemler (Şekil 3.1) tercih edilmelidir ve türbülans yaratacak sistemlerden (Şekil 3.2) kaçınılmalıdır. Hava dağıtımında operasyon masasının tamamını kaplayan büyüklükte duvar difüzörleri (Şekil 3.3) ile temin edilebildiği gibi kenarlarda perde oluşturmak üzere slot difüzör ve ortada laminar akış difüzör uygulaması da kullanılmaktadır. Ameliyathane tavanlarını operasyon masası ve ameliyathane büyüklüğüne bağlı olarak çok farklı ebatta temin etmek mümkündür.



Şekil 3.1 Laminar akış düzenli uygulama [Tetisan, 2006]



Şekil 3.2 Türbülans düzenli uygulama [Tetisan, 2006]



Şekil 3.3 Duvar difizörü uygulaması

3.3 Klima Tesisatında Kullanılan Ekipmanların Özellikleri

Klima sisteminde kullanılan cihazlar bakım ve işletme ekibinin 1. sınıf odalardan geçmeden müdahale edebileceği yelere konulmalıdır. Klima santraları ve kanallar bir sistemin tamamını oluşturduğu için kanallar için belirlenmiş olan hava sızdırmazlık vs. değerler klima santraları için de geçerlidir.

Bakım ve temizliğin kolayca yapılabilmesi için santral iç yüzeyleri pürüzsüz özellikte olmalıdır. Filtrelerin kolaylıkla temizliğinin yapılabilmesine izin verir yapıda olmalıdır. Santrallerin kontrolünün rahatlıkla yapılabilmesi için vantilatör, filtre ve nemlendirme hücreleri iç aydınlatma ve gözetleme camı ile donatılmalıdır [Güven, 2002].

Klima tesisatında kullanılan ekipmanlar filtre, vantilatör, nem alıcı hava soğutucuları, ısı geri kazanım cihazları, susturucular ve menfezdir. Literatürde bu ekipmanlar ve çalışma şekillerinden ayrıntılı olarak bahsedildiği için tekrar değinilmeye gerek duyulmamıştır.

4. BULANIK MANTIK VE BULANIK UZMAN SİSTEM

4.1 Bulanık Mantık Nedir?

Bir olay veya bir sistem miktarı karakteristiklerle sunulmayınca bu olayın veya sistemin iyi anlaşıldığı sayılamaz olması modern bilimin temel prensiplerinden biridir. Bu açıdan bakıldığında bilimsel bilginin özünü teşkil eden bileşenlerin çoğuna, bu bileşenlerin davranışları hakkında miktarı enformasyon almağa olanak tanıyan ve çeşitli sistemlerin matematik modellerini oluşturmak için gereken prensip ve yöntemler toplusu gibi bakılabilir.

Bilgisayarların geniş kullanılmağa başlanılması ile insan bilgisinin bir çok alanında miktarı yöntemler daha hızlı yaygınlaşmağa başladı. Burada bilgisayarların hiç şüphesiz, davranışları mekanik, fizik, kimya ve elektromağnetizma kanunları ile belirlenen mekanistik sistemlere uygulanışı çok efektif olmuştur ve olmaktadır. Maalesef, aynı şeyi humanistik sistemler hakkında söyleyememekteyiz.

Humanistik sistemlere bilgisayarların uygulanmasındaki başarısızlık, hesaplamalardaki yüksek hassasiyet isteğinin ve bunun yüksek hızla yapılması isteğinin uyuşmazlığından ileri geldiği bazı bilim adamları tarafından gösterilmektedir. Diğer bir deyimle, sistemin karmaşıklığı ve bu karmaşıklığı analiz etmek için kullanılan hassasiyet ters orantılıdır. Buradan, humanistik sistemlerin davranışı hakkında önemli sonuçlar alabilmek için hesaplamalardaki yüksek hassasiyet ve kesinlikten kaçınmak gerektiği sonucuna varılabilir. Bu yüzden humanistik hesaplamalarda çok da kesin olmayan kendi tabiatı itibarı ile tahmini olan diğer yöntemlerin kullanılmasına da yol vermek gerekmektedir.

Çok büyük karmaşıklık karşısında hassasiyeti kurban ederken, değerleri sayılar değil, sözler veya cümleler olan dilsel değişkenleri kullanmak imkânının öğrenilmesi bu durumda tabiidir. Sayısal değişkenleri değil dilsel değişkenleri kullanmak bu değişkenlerin daha somut olması ile ilgilidir. Örneğin; “Ahmet uzun boyludur” ifadesi Ahmet’ in boyu 1m 85cm’ dir ifadesinden daha az somuttur. Bu durumda uzun kelimesi boy uzunluğu değişkenin bir dilsel değeri olarak ele alınabilir. Başka bir örneğe bakalım. “Ahmet gençtir” ve “Ahmet’ in yaşı 25’ tir”

ifadelerinde gençtir dilsel değerdir. Bu değer ikinci ifadedeki 25 sayısı ile aynı rolu oynamaktadır. Aynı şeyleri çok genç, genç olmayan, çok çok genç, çok da genç olmayan vs. dilsel değerleri hakkında da söylenebilir. Bu durum da bu dilsel değerlerin de arkasında net olmayan bir sayısal değer mevcuttur.

Hesaplamaların böyle yapılabileceği ilk defa 1965 yılında Azeri kökenli ABD'li bilim adamı Lotfi Ali Asker-Zadeh tarafından yayınlanmıştır. "Bulanık Kümeler" olarak adlanan bu makalede o, matematiğin, dil ve insan zekasını ilişkilendirebileceğini göstermiş ve bunun için bulanık kümeler teorisini teklif etmiştir [Zadeh, 1965]. Zadeh birçok kavramın dilsel olarak geleneksel matematiğe göre daha iyi belirlenebildiğini ve bulanık mantığın ve onun bulanık kümelerdeki ifadelerinin gerçek hayatın daha iyi modelini oluşturduğunu göstermiştir.

Bulanık mantık teorisini ilk defa 1972 yılında İngiltere'de Ebrahim Mamdani, bir buhar makinesi için kontroller tasarlayarak kullandı. Bundan sonra Danimarka' da çimento sanayisindeki uygulama bu yöntemin avantajlarını gösterdi. Bundan sonra bulanık mantığın en çok uygulandığı ülke Japonya oldu. Japon bilim adamları ve mühendisleri bulanık mantığı metroda, otomatik tren kontrolü, hisse senedi portföyü, asansör vs. bir çok alanda kullanmışlar ve bundan büyük ekonomik kazançlar elde etmişler. Bugün Japonya'da bulanık mantık kullanılmayan beyaz eşya çeşidi yoktur [Allahverdi, 2007].

4.2 Bulanık Küme

Geleneksel küme teorisinde kullanılan küme kavramı bir nesnenin bir kümenin elemanı olması "1" yada olmaması "0" gibi iki seçenekli bir mantığa dayanmaktadır. Geleneksel küme teorisinde bu ikisinin arası yoktur. Belirsizlik içeren bir problemin çözümü güçtür [Nguyan, 2000].

Klasik küme kuramında, bir X kümesindeki A alt kümesi kendisine ait karakteristik fonksiyonu olan μ_A ile ifade edilir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1 \;\; Eger \;\; x \in A \\ 0 \;\; Eger \;\; x \notin A \end{cases}$$

Karakteristik fonksiyon *X*'in elemanlarını {0,1} kümesine dönüştürür. Bu dönüşüm *X*'in her elemanı için bir sıralı ikili kümesiyle ifade edilebilir. Sıfır değeri ait olmamayı temsil ederken bir değeri ise aitliği gösterir.

$\mu_A : X \longrightarrow \{0,1\}$

"x, *A* nın içindedir."

Şeklindeki bir önermenin doğruluğu $(x, \mu A(x))$ sıralı ikisiyle belirlenir. Eğer sıralı ikilinin ikinci elemanı 1 ise önerme doğru, eğer bu değer 0 ise önerme yanlıştır.

Bulanık küme kavramında küme kuramı olan bulanık küme kuramında, kümedeki her bir birey, klasik çift değerli küme kuramlarında olduğu gibi üye yada üye değil olarak değil bir dereceye kadar üye olarak görülmektedir. Bulanık küme de değişik üyelik derecesinde öğelere sahip olan bir fonksiyondur.

Bu teoride nesnelerin bir kümeye ne kadar ait olduğu derecelendirilmiştir. Kümeye ait üyelik dereceleri ile verilir.

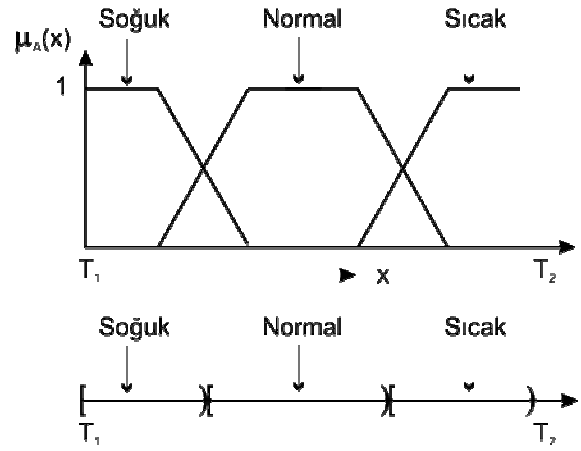
Öğeler bulanık kümeye kısmi derecede aittir. Klasik kümelerdeki karakteristik fonksiyon, $\mu A:E \rightarrow \{0,1\}$, bulanık kümelerde yerini, $\mu A:E \rightarrow [0,1]$ olarak gösterilen üyelik fonksiyonuna bırakır.

Genel olarak küme üyelerinin değerleri ile değişiklik gösteren eğriye üyelik fonksiyonu denir. *X* ekseni üyeleri gösterirken, *y* ekseni üyelik derecelerini gösterir. A bulanık küme, $\mu A(x)$ de üyelik derecesi olmak üzere $A=\{\mu A(x), x)\}$ olarak yazılabilir [Nguyan, 2000].

4.3 Üyelik Fonksiyonu

[*T*1,*T*2] aralığında sıcaklığın sunumu bulanık ve klasik kümeler kullanılarak Şekil 4.1 de gösterilmiştir. İlk durumda $[T1,T2] \rightarrow [0,1]$ üyelik fonksiyonlarını

"soğuk", "normal" "sıcak" dilsel değerler olarak tanımlanıyor. İkinci durumda ise aralıklar klasik küme tarafından değişkenleri tanımlamada kullanılmaktadır [Şen, 2001].

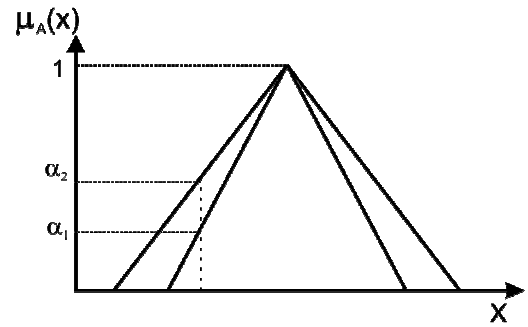


Şekil 4.1 Sıcak, Normal ve Soğuk dilsel ifadelerinin üyelik fonksiyonu [Şen, 2001]

Eğer *A* bulanık kümesinin üyelik derecesi her bir *X* değerine karşılık gerçek sayı aralığına karşılık geliyorsa bu tür bulanık kümelere aralık-değerli bulanık kümeler denir.

$$\mu A: X \rightarrow \varepsilon[0,1]$$
$$a=\mu A(x_1^{\alpha 1}, x_1^{\alpha 2})/x_1+\ldots\ldots+\mu A(x_n^{\alpha 1}, x_n^{\alpha 2})/x_n$$

Aralık değerli A Bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu Şekil 4.2 da ki gibidir.

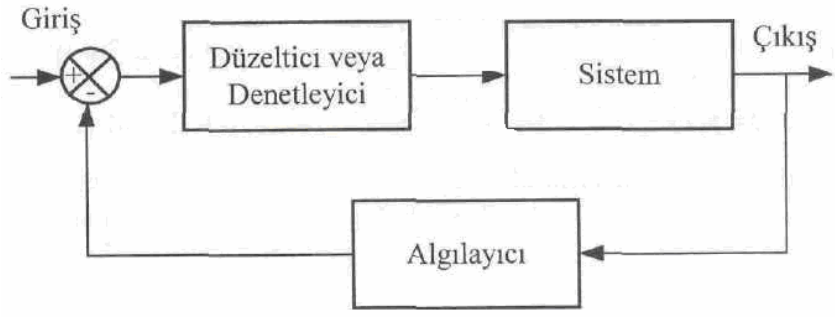


Şekil 4.2 Aralık değerli üyelik fonksiyonu [Şen, 2001]

4.4 Bulanık Mantık Denetleyici Sistemler

Bir denetleyici sistemi başka bir fiziksel sistemin tepkisini veya davranışını denetleyen, düzelten, fiziksel elemanlardan oluşmaktadır. Denetim sistemleri genel olarak açık döngülü ve kapalı döngülü/geri beslemeli olarak iki tiptir. Açık döngülü denetim sistemlerinde denetim hareketi sistem çıkışından bağımsızdır, kapalı döngülü sistemlerde ise denetim hareketi sistem çıkışına bağlı olarak değişebilmektedir. Kapalı döngülü denetim sistemlerine örnek olarak tost makinesi ve otomatik çamaşır makinesi verilebilir. Tost makinesinde ısı miktarı kullanıcı tarafından ayarlanır, otomatik çamaşır makinesinde ise suyun ısısı veya makinenin devir sayısı kullanıcı tarafından seçilir. Her iki örnekte de denetim işlemi çıkış değerine bağlı olarak değişmemektedir. Geri beslemeli veya kapalı döngü denetim sistemlerine örnek olarak bir odanın ısısını ayarlayan termostat denetimi ve otomatik pilot denetimi verilebilir. Termostat denetiminde ısıtma ve soğutma ünitesinin çalışması, oda ısısının istenen değerin altında veya üstünde olmasına bağlıdır. Otomatik pilot denetiminde ise düzeltme işlemi pilot kabinindeki cihazlar tarafından Ölçülen irtifa değişimine göre yapılır. Herhangi bir fiziksel değişimin denetimi için öncelikle onun ölçülmesi gerekmektedir.

Denetimi yapılan sinyalin ölçülmesi için algılayıcılar kullanılır. Kapalı döngülü denetim sistemlerinde giriş sinyal değerlerine, çıkış veya sistemin sonuç değerleri etki eder. Bu denetim sistemlerinde yeterli tepki elde edebilmek için döngü içinde ek olarak düzeltici veya denetleyici birimine gerek duyulur. Kapalı döngülü denetim sistemlerinin genel olarak gösterilişi Şekil 4.3 deki gibidir [Elmas, 2003].



Şekil 4.3 Kapalı döngülü denetim sistemi [Elmas, 2003]

Denetleyici sistemleri bazen de düzeltici veya izleyici olarak iki kısımda incelenir. Denetleyici sistemi fiziksel bir değişkeni sabit bir değerde tutuyorsa bu sistem düzeltici olarak adlandırılır. Eğer denetim sistemi zamana bağlı olarak değişen değerleri takip ediyorsa izleyici denetleyici olarak adlandırılır. Oda ısısı denetimi veya otomatik pilot denetimi düzeltici denetleyicilere, uçağı otomatik olarak bir noktaya yumuşak indirme denetimi ise izleyici denetleyicilere örnek verilebilir.

Denetimi yapılan fiziksel sistemin çıkışı veya tepkisi hata sinyali tarafından ayarlanır. Hata sinyali, istenen referans değer ile sistemin şu andaki çıkışı (algılayıcı tarafından ölçülen değer) arasındaki farka eşittir [Elmas, 2003].

4.5 Bulanık Sistemler

Bulanık kümeler ve bulanık mantık teorisinin en etkin uygulama alanı kontrol sistemleridir. Geleneksel kontrol sistemleri bulanık teorinin yardımıyla bulanık kontrol sistemlerine dönüştürülebilir ve böyle sistemlerin uygulanması birçok avantajlar elde etmeğe olanak verir.

Genelde, bulanık sistemler bilgiye dayalı veya kurala dayalı sistemlerdir. Yani bir bulanık sistemin temelinde "Eğer- **O halde"** kuralları vardır.

Burada **çok yüksek, yüksek, normal, düşük, çok düşük** gibi dilsel değerler kullanılır ve bu dilsel değerlerin uygun üyelik dereceleri mevcuttur.

Bir bulanık sistem tasarlanmasına karar verildikten sonra ilk yapılacak işlem, **eğer o-halde** kurallar tablosunu elde etmektir. Bu kurallar, genelde uzmandan yararlanılarak oluşturulur [Bay, 2006].

Bulandırma birimi, bulanık çıkarım mekanizmaları ve durulaştırma biriminden literatürde sıkça değinildiği için tekrar aynı konulardan bahsetmeye gerek duyulmamıştır.

5. BULANIK UZMAN SİSTEMİN TASARIMI VE UYGULAMASI

5.1 Bulanık Kontrolör Tasarımı

Ameliyathanede bulanık kontrol sistemi tasarımı için bir uzman ile birlikte Selçuk Üniversitesi Meram Tıp Fakültesi ameliyathaneleri ile klima sistemleri incelenmiştir. Ayrıca Selçuk Üniversitesi Selçuklu Tıp Fakültesi ameliyathane projeleri ile şartnameleri de incelenerek normal kontrol sistemlerine (PI, PID vb.) Bulanık Kontrol (BK) sistemi nasıl olumlu bir katkı sağlayacağı araştırılmıştır.

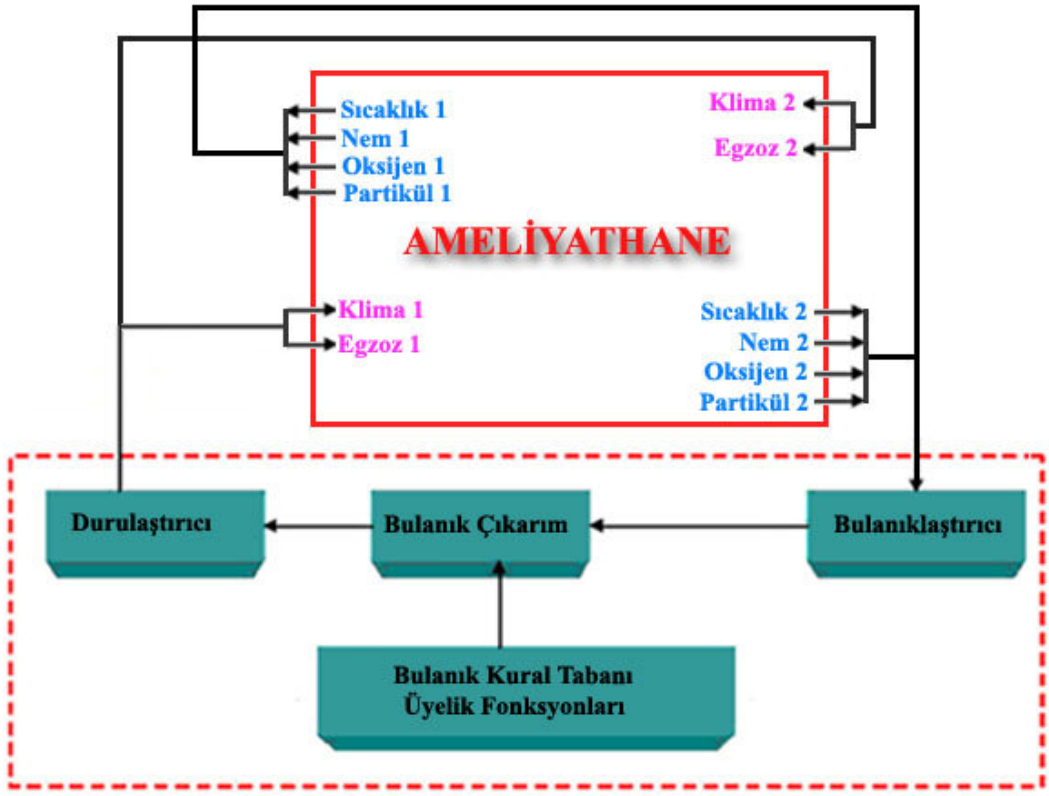
Cerrahi bir operasyonların yapıldığı ameliyathanelerin hijyen, ısı, ışık, hava ve partikül gibi önemli özelliklerinin sürekli takip edilmesi gerektiği malumdur. Hem hastaların, hem de ameliyat ekibinin sağlığı, operasyonun başarılı olması ve ameliyat esnasında ve sonrasında oluşabilecek komplikasyonların önüne geçilmesi gerekmektedir.

Tüm bu durumlar göz önüne alınarak oluşturulmuş standartlar doğrultusunda ameliyathanelerin belirli bir sıcaklık değerinde tutulması, oda içerisindeki partikül sayısını en aza indirilmesi, nem düzeyinin istenilen seviyede tutulması ve her an içerde aynı miktarda temiz hava bulunması gibi özel şartlar gerekmekte ve kontrolünün de sağlanılması istenmektedir.

Bu sebeplerle daha iyi ve konforlu bir ortam sağlamak için diğer geleneksel kontrol sistemlerinden farklı olan bulanık kontrol sistemi tasarlanmıştır (Şekil 5.1). Ortam şartlarının kontrolü için 4 farklı sensörden gelen değer veri olarak ameliyathane içerisinden alınmıştır. Bunlar santigrat (ºC) olarak sıcaklık değeri, yüzde (%) olarak ortamın nem miktarı, yüzde (%) olarak ortamın oksijen düzeyi ve ppm (parts per million) olarak ortamın partikül sayısı değerleridir. Bu dört giriş değeri ameliyathanenin 2 noktasından alınmak suretiyle Adaptif Bulanık Kontrol (ABK) sistemine iki farklı sensör gurubu konulmuştur. Böylece sekiz sensör ile bir ameliyathane parametreleri veri girişi yapacak şekilde tasarlanmış ve uygulanmıştır. ABK sisteminin kontrol etmesi için iki farklı bölgede (Şekil 5.1) temiz hava girişi ve egzoz çıkışı için fanlar yerleştirilmiş ve bu fanların devir kontrolü çıkış parametresi olarak tasarlanmıştır.

Klima sistemiyle ameliyathane ortamın temiz hava durumu, havanın ısıtılıp soğutulması, nem düzeyinin istenilen seviyede tutulması sağlanmaktadır. Her sensör gurubunun kontrol ettiği bir klima sistemi vardır ve giriş değerlerinin BUS tarafından

değerlendirmesi sonucu klimanın ısıtma/soğutma işlemi ve devir düzeyi ayarlanmaktadır. Tasarlanan sistemin modeli Şekil 5.1' de gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Kontrol sistemi için tasarlanan bulanık kontrolör modeli

BK giriş ve çıkış değerleri literatürdeki veriler [Haque, 1994] ve uzman görüşüne göre aşağıdaki üç dilsel ifade ile tanımlanmıştır:

Düşük, Normal, Yüksek

Giriş parametreleri aşağıda belirtildiği gibi dört adet seçilmiş olup belirlenen dilsel ifadeler Çizelge 5.1'de verilmiştir.

1. Sıcaklık için kabul edilen evrensel küme [10…55] ºC değerleri arasındadır.
2. Nem değeri için evrensel küme % [0…100] değerleri arasındadır.
3. Oksijen değeri için evrensel küme % [0…100] değerleri arasındadır.
4. Partikül değeri için evrensel küme [0…4000] ppm (parts per million) değerleri arasındadır.

Çıkış parametreleri olarak:

1. Klima fan devir değeri için evrensel küme [1000…1400] devir/dakika (d/dk) değerleri arasındadır. Sistemde iki adet klima olduğu için iki çıkış söz konusu olmaktadır.
2. Aynı m^3 havanın ameliyathane içerisinde sabit tutulabilmesi amacıyla her gurup için egzoz devir değeri, klima fan devir değeri ile aynı tutulmuştur.

Sistemin çalışma mantığı ameliyathane içi sıcaklık, nem, oksijen, ortamdaki partikül değerlerinin birlikte değerlendirerek sonuçta fan ve kompresör motorlarının hızlarını ve ısıtma/soğutma işlemini istenen iklim şartlarına uyduracak şekilde ayarlamaktır. Yapılan tüm bulanık çıkarımlar için Mamdani bulanık modelinin kullanımı tercih edilmiştir. Bunun sebebi Mamdani bulanık modelinin hem basit hem de sistem yapısına uygun olmasıdır.

Sistem giriş/çıkış değişkenlerinin bulanık sözel değerleri ve değişkenlerin özellikleri Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2 de ayrıntılı olarak gösterilmektedir.

Çizelge 5.1 Sistem giriş/çıkış değişkenlerinin bulanık sözel değişkenleri

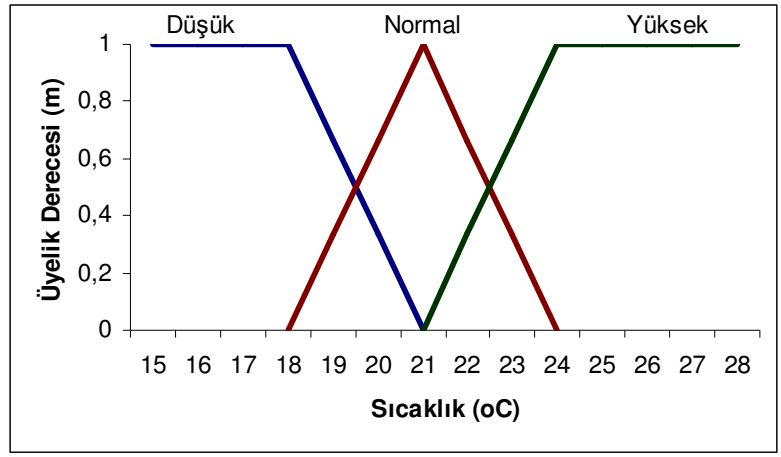
Değişken Adı	Tipi	Bulanık Sözel Değişkenler
Sıcaklık	Giriş	Düşük, Normal, Yüksek
Nem	Giriş	Düşük, Normal, Yüksek
Oksijen	Giriş	Düşük, Normal, Yüksek
Partikül	Giriş	Düşük, Normal, Yüksek
Klima Fan Devri	Çıkış	Düşük, Normal, Yüksek

Çizelge 5.2 Sistem giriş/çıkış değişkenlerinin özellikleri

Değişkeni	Min	Max	Birim
Sıcaklık	14	28	˚C
Nem	20	60	%
Oksijen	10	45	%
Partikül	1	2000	ppm
Klima Fan Devri	1000	1600	d/dk

Kontrol için bütün giriş ve çıkış parametreler bulanıklaştırılmıştır. En uygun ve basit basitleştirme yöntemi üçgen bulanıklaştırma olduğu literatürlerden [Sarıtaş, 2005] görüldüğü için burada üçgen bulanıklaştırma seçilmiştir (Grafik 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6).

Bulanık parametrelerin üyelik fonksiyonları üçgen olarak alındığından dolayı onların matematiksel formülleri uygun şekilde elde edilmiştir. Örneğin, Sıcaklık (*A*) dilsel değeri için matematiksel ifadeler aşağıdaki gibidir (Grafik 5.1).



Grafik 5.1 Ameliyathane sıcaklık değeri için sözel değişkenlerin üyelik fonksiyonları

Sıcaklık için bulanık ifadeler (Sıcaklık=*A*, Sıcaklık değeri = *a*);

$$\mu_{Düşük}(A)=\begin{cases}1 & ; \quad 0\le a<18\\ \dfrac{21-a}{3} & ; \quad 18\le a<21\\ 0 & ; \quad 21\le a<28\end{cases} \tag{5.1}$$

$$\mu_{Normal}(A)=\begin{cases}0 & ; \quad 0\le a<18\\ \dfrac{a-18}{3} & ; \quad 18\le a<21\\ \dfrac{24-a}{3} & ; \quad 21\le a<24\\ 0 & ; \quad 24\le a\le 35\end{cases} \tag{5.2}$$

$$\mu_{Yüksek}(A)=\begin{cases}0 & ; \quad 0\le a<21\\ \dfrac{a-21}{3} & ; \quad 21\le a<24\\ 1 & ; \quad 24\le a<35\end{cases} \tag{5.3}$$

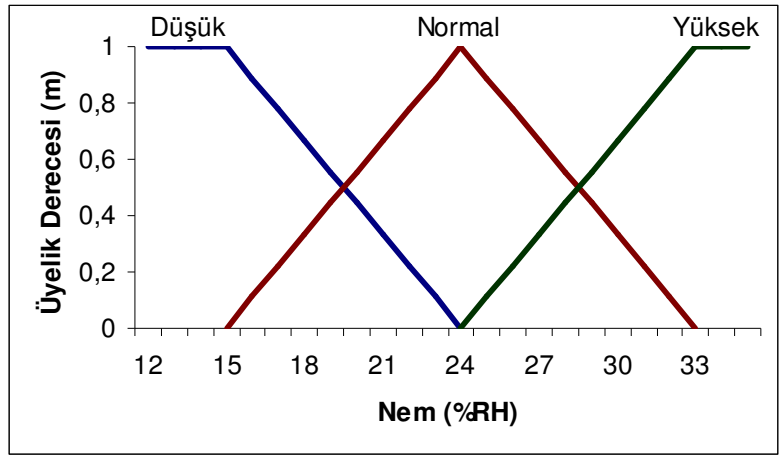
Bu değerlere göre bulunan sıcaklık bulanık kümeleri aşağıda verilmiştir:

$$\mu_{Düşük}(A)=\{1/15+1/16+1/17+1/18+0.67/19+0.33/20+0/21\}.$$

$$\mu_{normal}(A)=\{0/18+0.33/19+0.67/20+1/21+\ 0.67/22\ +0.33/23+0/24\}.$$

$$\mu_{yüksek}(A)=\{0/21+0.33/22+0.67/23+1/24+...+1/28\}.$$

Nem (*B*) dilsel değeri için matematiksel ifadeler aşağıdaki gibidir (Grafik 5.2).



Grafik 5.2 Ameliyathane nem değeri için sözel değişkenlerin üyelik fonksiyonları

Nem için bulanık ifadeler (Nem=*B*, Nem değeri = *b*);

$$\mu_{Düşük}(B)=\begin{cases}1 & ; \quad 0\le b<15\\ \dfrac{24-b}{9} & ; \quad 15\le b<24\\ 0 & ; \quad 24\le b<40\end{cases} \tag{5.4}$$

$$\mu_{Normal}(B)=\begin{cases}0 & ; \quad 0\le b<15\\ \dfrac{b-15}{9} & ; \quad 15\le b<24\\ \dfrac{33-b}{9} & ; \quad 24\le b<33\\ 0 & ; \quad 33\le b\le 40\end{cases} \tag{5.5}$$

$$\mu_{Yüksek}(B)=\begin{cases}0 & ; \quad 0\le b<24\\ \dfrac{b-24}{9} & ; \quad 24\le b<33\\ 1 & ; \quad 33\le b<40\end{cases} \qquad (5.6)$$

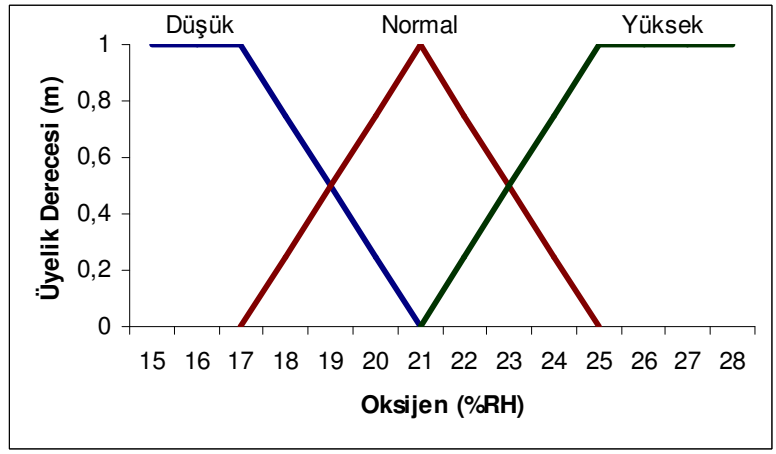
Bu değerlere göre bulunan nem bulanık kümeleri aşağıda verilmiştir:

$$\mu_{Düşük}(B)=\{1/12+1/14+1/15+0.9/16+0.7/18+0.4/20+0,2/22+0/24+...+0/40\}.$$

$$\mu_{Normal}(B)=\{0/14+0.1/16+0.3/18+0.6/20+0,8/22+1/24+0.8/26+0.6/28+0.3/30+0.1/32+0/34\}.$$

$$\mu_{Yüksek}(B)=\{0/12+0.2/26+0.4/28+0.7/30+0.9/32+1/33+..+0/40\}$$

Oksijen (C) dilsel değeri için matematiksel ifadeler aşağıdaki gibidir (Grafik 5.3).



Grafik 5.3 Ameliyathane oksijen değeri için sözel değişkenlerin üyelik fonksiyonları

Oksijen için bulanık ifadeler (Oksijen=C, Oksijen değeri = c);

$$\mu_{Düşük}(C)=\begin{cases}1 & ; \quad 0\le c<17\\ \dfrac{21-c}{4} & ; \quad 17\le c<21\\ 0 & ; \quad 21\le c<28\end{cases} \qquad (5.7)$$

$$\mu_{Normal}(C)=\begin{cases}0 & ; \quad 0\le c<17\\ \dfrac{c-17}{4} & ; \quad 17\le c<21\\ \dfrac{25-c}{4} & ; \quad 21\le c<25\\ 0 & ; \quad 25\le c\le 35\end{cases} \tag{5.8}$$

$$\mu_{Yüksek}(C)=\begin{cases}0 & ; \quad 0\le c<21\\ \dfrac{a-21}{4} & ; \quad 21\le c<25\\ 1 & ; \quad 25\le c<35\end{cases} \tag{5.9}$$

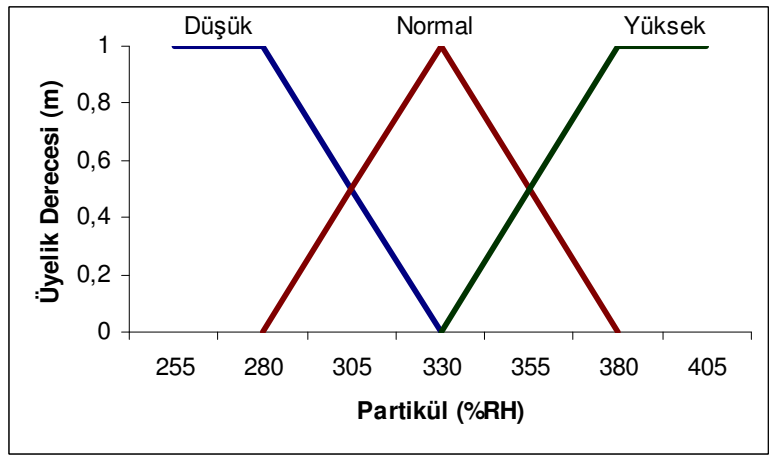
Bu değerlere göre bulunan oksijen bulanık kümeleri aşağıda verilmiştir:

$$\mu_{Düşük}(C)=\{1/14+1/15+1/16+1/17+0.75/18+0.5/19+0.25/20+0/21+...+0/30\}.$$

$$\mu_{Normal}(C)=\{0/15+...+0.25/18+0.5/19+0.75/20+1/21+0.75/22+0.5/23+0.25/24+...+0/30\}.$$

$$\mu_{Yüksek}(C)=\{0/15+...+0.25/22+0.5/23+0.75/24+1/25+...+1/30\}.$$

Partikül (D) dilsel değeri için matematiksel ifadeler aşağıdaki gibidir (Grafik 5.4).



Grafik 5.4 Partikül değeri için sözel değişkenlerin üyelik fonksiyonları

Partikül için bulanık ifadeler (Partikül=*D*, Partikül değeri = *d*);

$$\mu_{Düşük}(D)=\begin{cases}1 & ; \quad 0\le d<280\\ \dfrac{330-d}{50} & ; \quad 280\le d<330\\ 0 & ; \quad 330\le d<450\end{cases} \tag{5.10}$$

$$\mu_{Normal}(D)=\begin{cases}0 & ; \quad 0\le d<280\\ \dfrac{d-280}{50} & ; \quad 280\le d<330\\ \dfrac{380-d}{50} & ; \quad 330\le d<380\\ 0 & ; \quad 380\le d\le 450\end{cases} \tag{5.11}$$

$$\mu_{Yüksek}(D)=\begin{cases}0 & ; \quad 0\le d<330\\ \dfrac{d-330}{50} & ; \quad 330\le d<380\\ 1 & ; \quad 380\le d<450\end{cases} \tag{5.12}$$

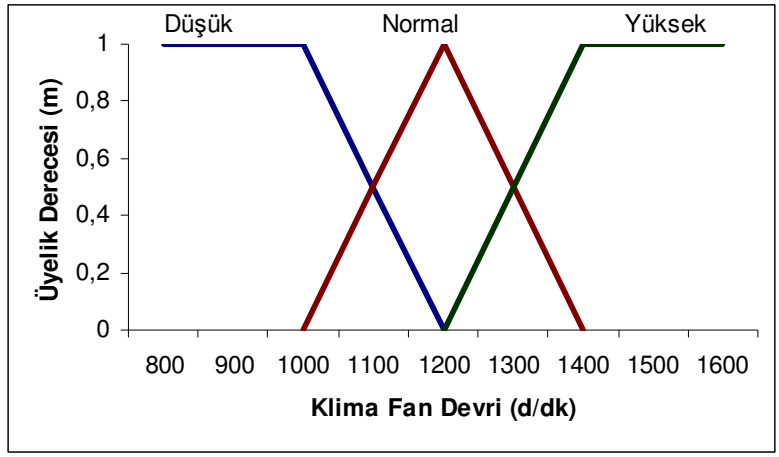
Bu değerlere göre bulunan partikül bulanık kümeleri aşağıda verilmiştir:

$$\mu_{Düşük}(D)=\{1/230+...+1/280+0.5/305+0/330+...+0/450\}.$$

$$\mu_{Normal}(D)=\{0/230+...+0/280+0.5/305+1/330+0.5/355+0/380+...0/450\}.$$

$$\mu_{Yüksek}(D)=\{0/230+...+0/330+0.5/355+1/380+...+1/450\}.$$

Klima Fan Devri (*E*) dilsel değeri için matematiksel ifadeler aşağıdaki gibidir (Grafik 5.5).



Grafik 5.5 Ameliyathane klima fan devri için sözel değişkenlerin üyelik fonksiyonları

Klima Fan Devri için bulanık ifadeler (Klima Fan Devri =*E*, Klima Fan Devir Değeri = *e*);

$$\mu_{Düşük}(E)=\begin{cases}1 & ; \quad 0\le e<1000\\ \dfrac{1200-e}{200} & ; \quad 1000\le e<1200\\ 0 & ; \quad 1200\le e<1600\end{cases} \tag{5.13}$$

$$\mu_{Normal}(E)=\begin{cases}0 & ; \quad 0\le e<1000\\ \dfrac{e-1000}{200} & ; \quad 1000\le e<1200\\ \dfrac{1400-e}{200} & ; \quad 1200\le e<1400\\ 0 & ; \quad 1400\le e\le 1600\end{cases} \tag{5.14}$$

$$\mu_{Yüksek}(E)=\begin{cases}0 & ; \quad 0\le e<1200\\ \dfrac{e-1200}{200} & ; \quad 1200\le e<1400\\ 1 & ; \quad 1400\le e<1600\end{cases} \tag{5.15}$$

Bu değerlere göre bulunan klima fan devri bulanık kümeleri aşağıda verilmiştir:

$$\mu_{Düşük}(E)=\{1/800+...+1/1000+0.5/1100+0/1200+...+0/1600\}.$$

$$\mu_{Normal}(E)=\{0/800+...+0/1000+0.5/1100+1/1200+0.5/1300+0/1400+...0/1600\}.$$

$$\mu_{Yüksek}(E)=\{0/800+...+0/1200+0.5/1300+1/1400+...+1/1600\}.$$

Ameliyathane içerisinde hava miktarının m^3 olarak sabit tutulabilmesi amacıyla her gurup için egzoz devir değeri, klima fan devir değeri ile aynı tutulmuştur. Bundan dolayı egzoz fan devir değeri için sözel değişkenlerin üyelik fonksiyonları, bulanık ifadeler ve bulanık kümeler, klima fan devri için oluşturulanlarla aynı yapıyı taşımaktadır.

Ameliyathane klima fan ve egzoz devir sayısı için uzman tarafından belirlenen değerlerin kural tablosu Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4 da gösterilmektedir.

Çizelge 5.3 Gurup 1 giriş/çıkış parametreleri için kural tablosu

		Giriş							Çıkış		
Kural		Sıcaklık (ºC)		Nem (%)		Oksijen (%)		Karbondioksit (ppm)		Klima Fan Devri	Egzoz Fan Devri
1	Eğer	Düşük	ve	Düşük	ve	Düşük	ve	Düşük	ise	Yüksek	Yüksek
2	Eğer	Düşük	ve	Düşük	ve	Düşük	ve	Normal	ise	Yüksek	Yüksek
3	Eğer	Düşük	ve	Düşük	ve	Düşük	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
4	Eğer	Düşük	ve	Düşük	ve	Normal	ve	Düşük	ise	Düşük	Düşük
5	Eğer	Düşük	ve	Düşük	ve	Normal	ve	Normal	ise	Normal	Normal
6	Eğer	Düşük	ve	Düşük	ve	Normal	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
7	Eğer	Düşük	ve	Düşük	ve	Yüksek	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
8	Eğer	Düşük	ve	Düşük	ve	Yüksek	ve	Normal	ise	Normal	Normal
9	Eğer	Düşük	ve	Düşük	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
10	Eğer	Düşük	ve	Normal	ve	Düşük	ve	Düşük	ise	Yüksek	Yüksek
11	Eğer	Düşük	ve	Normal	ve	Düşük	ve	Normal	ise	Yüksek	Yüksek
12	Eğer	Düşük	ve	Normal	ve	Düşük	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
13	Eğer	Düşük	ve	Normal	ve	Normal	ve	Düşük	ise	Düşük	Düşük
14	Eğer	Düşük	ve	Normal	ve	Normal	ve	Normal	ise	Normal	Normal
15	Eğer	Düşük	ve	Normal	ve	Normal	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
16	Eğer	Düşük	ve	Normal	ve	Yüksek	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
17	Eğer	Düşük	ve	Normal	ve	Yüksek	ve	Normal	ise	Normal	Normal
18	Eğer	Düşük	ve	Normal	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
19	Eğer	Düşük	ve	Yüksek	ve	Düşük	ve	Düşük	ise	Yüksek	Yüksek
20	Eğer	Düşük	ve	Yüksek	ve	Düşük	ve	Normal	ise	Yüksek	Yüksek
21	Eğer	Düşük	ve	Yüksek	ve	Düşük	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
22	Eğer	Düşük	ve	Yüksek	ve	Normal	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
23	Eğer	Düşük	ve	Yüksek	ve	Normal	ve	Normal	ise	Normal	Normal
24	Eğer	Düşük	ve	Yüksek	ve	Normal	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
25	Eğer	Düşük	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
26	Eğer	Düşük	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Normal	ise	Normal	Normal
27	Eğer	Düşük	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
28	Eğer	Normal	ve	Düşük	ve	Düşük	ve	Düşük	ise	Yüksek	Yüksek
29	Eğer	Normal	ve	Düşük	ve	Düşük	ve	Normal	ise	Yüksek	Yüksek
30	Eğer	Normal	ve	Düşük	ve	Düşük	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek

31	Eğer	Normal	ve	Düşük	ve	Normal	ve	Düşük	ise	Düşük	Düşük
32	Eğer	Normal	ve	Düşük	ve	Normal	ve	Normal	ise	Normal	Normal
33	Eğer	Normal	ve	Düşük	ve	Normal	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
34	Eğer	Normal	ve	Düşük	ve	Yüksek	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
35	Eğer	Normal	ve	Düşük	ve	Yüksek	ve	Normal	ise	Normal	Normal
36	Eğer	Normal	ve	Düşük	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
37	Eğer	Normal	ve	Normal	ve	Düşük	ve	Düşük	ise	Yüksek	Yüksek
38	Eğer	Normal	ve	Normal	ve	Düşük	ve	Normal	ise	Yüksek	Yüksek
39	Eğer	Normal	ve	Normal	ve	Düşük	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
40	Eğer	Normal	ve	Normal	ve	Normal	ve	Düşük	ise	Düşük	Düşük
41	Eğer	Normal	ve	Normal	ve	Normal	ve	Normal	ise	Düşük	Düşük
42	Eğer	Normal	ve	Normal	ve	Normal	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
43	Eğer	Normal	ve	Normal	ve	Yüksek	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
44	Eğer	Normal	ve	Normal	ve	Yüksek	ve	Normal	ise	Normal	Normal
45	Eğer	Normal	ve	Normal	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
46	Eğer	Normal	ve	Yüksek	ve	Düşük	ve	Düşük	ise	Yüksek	Yüksek
47	Eğer	Normal	ve	Yüksek	ve	Düşük	ve	Normal	ise	Yüksek	Yüksek
48	Eğer	Normal	ve	Yüksek	ve	Düşük	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
49	Eğer	Normal	ve	Yüksek	ve	Normal	ve	Düşük	ise	Düşük	Düşük
50	Eğer	Normal	ve	Yüksek	ve	Normal	ve	Normal	ise	Normal	Normal
51	Eğer	Normal	ve	Yüksek	ve	Normal	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
52	Eğer	Normal	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
53	Eğer	Normal	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Normal	ise	Normal	Normal
54	Eğer	Normal	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
55	Eğer	Yüksek	ve	Düşük	ve	Düşük	ve	Düşük	ise	Yüksek	Yüksek
56	Eğer	Yüksek	ve	Düşük	ve	Düşük	ve	Normal	ise	Yüksek	Yüksek
57	Eğer	Yüksek	ve	Düşük	ve	Düşük	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
58	Eğer	Yüksek	ve	Düşük	ve	Normal	ve	Düşük	ise	Düşük	Düşük
59	Eğer	Yüksek	ve	Düşük	ve	Normal	ve	Normal	ise	Normal	Normal
60	Eğer	Yüksek	ve	Düşük	ve	Normal	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
61	Eğer	Yüksek	ve	Düşük	ve	Yüksek	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
62	Eğer	Yüksek	ve	Düşük	ve	Yüksek	ve	Normal	ise	Normal	Normal
63	Eğer	Yüksek	ve	Düşük	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
64	Eğer	Yüksek	ve	Normal	ve	Düşük	ve	Düşük	ise	Yüksek	Yüksek
65	Eğer	Yüksek	ve	Normal	ve	Düşük	ve	Normal	ise	Yüksek	Yüksek
66	Eğer	Yüksek	ve	Normal	ve	Düşük	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
67	Eğer	Yüksek	ve	Normal	ve	Normal	ve	Düşük	ise	Düşük	Düşük
68	Eğer	Yüksek	ve	Normal	ve	Normal	ve	Normal	ise	Normal	Normal
69	Eğer	Yüksek	ve	Normal	ve	Normal	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
70	Eğer	Yüksek	ve	Normal	ve	Yüksek	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
71	Eğer	Yüksek	ve	Normal	ve	Yüksek	ve	Normal	ise	Normal	Normal
72	Eğer	Yüksek	ve	Normal	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
73	Eğer	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Düşük	ve	Düşük	ise	Yüksek	Yüksek
74	Eğer	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Düşük	ve	Normal	ise	Yüksek	Yüksek
75	Eğer	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Düşük	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
76	Eğer	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Normal	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
77	Eğer	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Normal	ve	Normal	ise	Normal	Normal
78	Eğer	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Normal	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
79	Eğer	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
80	Eğer	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Normal	ise	Normal	Normal
81	Eğer	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek

Çizelge 5.4 Gurup 2 giriş/çıkış parametreleri için kural tablosu

		Giriş							Çıkış		
Kural		Sıcaklık (ºC)		Nem (%)		Oksijen (%)		Karbondioksit (ppm)		Klima Fan Devri	Egzoz Fan Devri
1	Eğer	Düşük	ve	Düşük	ve	Düşük	ve	Düşük	ise	Yüksek	Yüksek
2	Eğer	Düşük	ve	Düşük	ve	Düşük	ve	Normal	ise	Yüksek	Yüksek
3	Eğer	Düşük	ve	Düşük	ve	Düşük	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
4	Eğer	Düşük	ve	Düşük	ve	Normal	ve	Düşük	ise	Düşük	Düşük
5	Eğer	Düşük	ve	Düşük	ve	Normal	ve	Normal	ise	Normal	Normal
6	Eğer	Düşük	ve	Düşük	ve	Normal	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
7	Eğer	Düşük	ve	Düşük	ve	Yüksek	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
8	Eğer	Düşük	ve	Düşük	ve	Yüksek	ve	Normal	ise	Normal	Normal
9	Eğer	Düşük	ve	Düşük	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
10	Eğer	Düşük	ve	Normal	ve	Düşük	ve	Düşük	ise	Yüksek	Yüksek
11	Eğer	Düşük	ve	Normal	ve	Düşük	ve	Normal	ise	Yüksek	Yüksek
12	Eğer	Düşük	ve	Normal	ve	Düşük	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
13	Eğer	Düşük	ve	Normal	ve	Normal	ve	Düşük	ise	Düşük	Düşük
14	Eğer	Düşük	ve	Normal	ve	Normal	ve	Normal	ise	Normal	Normal
15	Eğer	Düşük	ve	Normal	ve	Normal	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
16	Eğer	Düşük	ve	Normal	ve	Yüksek	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
17	Eğer	Düşük	ve	Normal	ve	Yüksek	ve	Normal	ise	Normal	Normal
18	Eğer	Düşük	ve	Normal	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
19	Eğer	Düşük	ve	Yüksek	ve	Düşük	ve	Düşük	ise	Yüksek	Yüksek
20	Eğer	Düşük	ve	Yüksek	ve	Düşük	ve	Normal	ise	Yüksek	Yüksek
21	Eğer	Düşük	ve	Yüksek	ve	Düşük	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
22	Eğer	Düşük	ve	Yüksek	ve	Normal	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
23	Eğer	Düşük	ve	Yüksek	ve	Normal	ve	Normal	ise	Normal	Normal
24	Eğer	Düşük	ve	Yüksek	ve	Normal	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
25	Eğer	Düşük	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
26	Eğer	Düşük	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Normal	ise	Normal	Normal
27	Eğer	Düşük	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
28	Eğer	Normal	ve	Düşük	ve	Düşük	ve	Düşük	ise	Yüksek	Yüksek
29	Eğer	Normal	ve	Düşük	ve	Düşük	ve	Normal	ise	Yüksek	Yüksek
30	Eğer	Normal	ve	Düşük	ve	Düşük	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
31	Eğer	Normal	ve	Düşük	ve	Normal	ve	Düşük	ise	Düşük	Düşük
32	Eğer	Normal	ve	Düşük	ve	Normal	ve	Normal	ise	Normal	Normal
33	Eğer	Normal	ve	Düşük	ve	Normal	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
34	Eğer	Normal	ve	Düşük	ve	Yüksek	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
35	Eğer	Normal	ve	Düşük	ve	Yüksek	ve	Normal	ise	Normal	Normal
36	Eğer	Normal	ve	Düşük	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
37	Eğer	Normal	ve	Normal	ve	Düşük	ve	Düşük	ise	Yüksek	Yüksek
38	Eğer	Normal	ve	Normal	ve	Düşük	ve	Normal	ise	Yüksek	Yüksek
39	Eğer	Normal	ve	Normal	ve	Düşük	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
40	Eğer	Normal	ve	Normal	ve	Normal	ve	Düşük	ise	Düşük	Düşük
41	Eğer	Normal	ve	Normal	ve	Normal	ve	Normal	ise	Düşük	Düşük
42	Eğer	Normal	ve	Normal	ve	Normal	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
43	Eğer	Normal	ve	Normal	ve	Yüksek	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
44	Eğer	Normal	ve	Normal	ve	Yüksek	ve	Normal	ise	Normal	Normal
45	Eğer	Normal	ve	Normal	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
46	Eğer	Normal	ve	Yüksek	ve	Düşük	ve	Düşük	ise	Yüksek	Yüksek

47	Eğer	Normal	ve	Yüksek	ve	Düşük	ve	Normal	ise	Yüksek	Yüksek
48	Eğer	Normal	ve	Yüksek	ve	Düşük	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
49	Eğer	Normal	ve	Yüksek	ve	Normal	ve	Düşük	ise	Düşük	Düşük
50	Eğer	Normal	ve	Yüksek	ve	Normal	ve	Normal	ise	Normal	Normal
51	Eğer	Normal	ve	Yüksek	ve	Normal	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
52	Eğer	Normal	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
53	Eğer	Normal	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Normal	ise	Normal	Normal
54	Eğer	Normal	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
55	Eğer	Yüksek	ve	Düşük	ve	Düşük	ve	Düşük	ise	Yüksek	Yüksek
56	Eğer	Yüksek	ve	Düşük	ve	Düşük	ve	Normal	ise	Yüksek	Yüksek
57	Eğer	Yüksek	ve	Düşük	ve	Düşük	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
58	Eğer	Yüksek	ve	Düşük	ve	Normal	ve	Düşük	ise	Düşük	Düşük
59	Eğer	Yüksek	ve	Düşük	ve	Normal	ve	Normal	ise	Normal	Normal
60	Eğer	Yüksek	ve	Düşük	ve	Normal	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
61	Eğer	Yüksek	ve	Düşük	ve	Yüksek	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
62	Eğer	Yüksek	ve	Düşük	ve	Yüksek	ve	Normal	ise	Normal	Normal
63	Eğer	Yüksek	ve	Düşük	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
64	Eğer	Yüksek	ve	Normal	ve	Düşük	ve	Düşük	ise	Yüksek	Yüksek
65	Eğer	Yüksek	ve	Normal	ve	Düşük	ve	Normal	ise	Yüksek	Yüksek
66	Eğer	Yüksek	ve	Normal	ve	Düşük	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
67	Eğer	Yüksek	ve	Normal	ve	Normal	ve	Düşük	ise	Düşük	Düşük
68	Eğer	Yüksek	ve	Normal	ve	Normal	ve	Normal	ise	Normal	Normal
69	Eğer	Yüksek	ve	Normal	ve	Normal	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
70	Eğer	Yüksek	ve	Normal	ve	Yüksek	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
71	Eğer	Yüksek	ve	Normal	ve	Yüksek	ve	Normal	ise	Normal	Normal
72	Eğer	Yüksek	ve	Normal	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
73	Eğer	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Düşük	ve	Düşük	ise	Yüksek	Yüksek
74	Eğer	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Düşük	ve	Normal	ise	Yüksek	Yüksek
75	Eğer	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Düşük	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
76	Eğer	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Normal	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
77	Eğer	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Normal	ve	Normal	ise	Normal	Normal
78	Eğer	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Normal	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek
79	Eğer	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Düşük	ise	Normal	Normal
80	Eğer	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Normal	ise	Normal	Normal
81	Eğer	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ve	Yüksek	ise	Yüksek	Yüksek

Çizelge 5.3 ve 5.4'dan görüldüğü gibi her iki sensör gurubu için kurallar aynıdır. Fakat bunun her zaman böyle olacağı söz konusu değildir. Örneğin, ameliyathanenin bir köşesinin daha soğuk olması istenebilir, yada ameliyathanenin bir kısmına daha çok temiz hava (oksijen) verilmesi istenebilir. Bu gibi durumlarda bu kurallar aynı olmayacaktır.

5.2 Klima Isıtma/Soğutma Rejimi

Ameliyathane klima sistemleri için oluşturduğumuz bulanık sisteminin prototip testlerinde, sensörlerden alınan verilerin kontrolü, bulanık hesaplamada yoğun matematiksel işlemlerin yapılışı, hesaplanan çıkış parametreleri ile klima ve egzoz devirlerinin kontrolü bilgisayara aşırı bir yük getirmektedir. Buda işlemlerin yavaşlamasına, sistemin değişimlere hemen cevap verememesine sebep olmaktadır. Bu sebeple klimaların ısıtma/soğutma rejiminin, bulanık hesaplama gibi yoğun bir işleme tabi tutulmadan hibrit bir hesaplamayla sonuç değerlerinin elde edilmesi sağlanmıştır. Bu hesaplamada, sisteme önceden belirlenen ve kullanıcının gerektiğinde değiştirebildiği Şekil 5.15'de görülen sıcaklık üyelik değerlerinden faydalanılmaktadır. Oluşturulan yazılım bu hesaplamada sıcaklık sensörlerinden alınan verileri klima ve egzoz fan devir değerlerinin hesaplamasında diğer patametrelerle birlikte giriş parametresi olarak BUS'a sokmakta, ayrıca bu sıcaklık değerleriyle kendi özel prosesi ile, klimaların ısıtma/soğutma rejimlerini belirlemektedir.

Klimaların ısıtma/soğutma rejiminin belirlenmesinde geleneksek kontrol sistemlerinden faydalanılmıştır. Bu hesaplamada her bir klima için ısıtma/soğutma rejiminin belirlenmesinde kendi sensör gurubunun sıcaklık sensöründen veri alınıp, sıcaklık için belirlenen dilsel ifadelerin üyelik değerleri hesaplanır ve sistem, en yüksek üyelik değerli dilsel ifadeye göre gerekli ısıtma/soğutma rejimini tayin eder.

5.3 Sistemde Kullanılan Çevre Birimleri

5.3.1 Oksijen ve sıcaklık sensörü

Projenin gerçekleştirilmesinde "Lutron Electronic Inc." 'in geliştirdiği YK-22DO modeli dijital oksijen ve sıcaklık sensörü kullanılmıştır, Şekil 5.2 de gösterilmektedir. Sensör oksijenin miktarını % ile, sıcaklık değerini ise santigrat (ºC) biriminde göstermektedir.



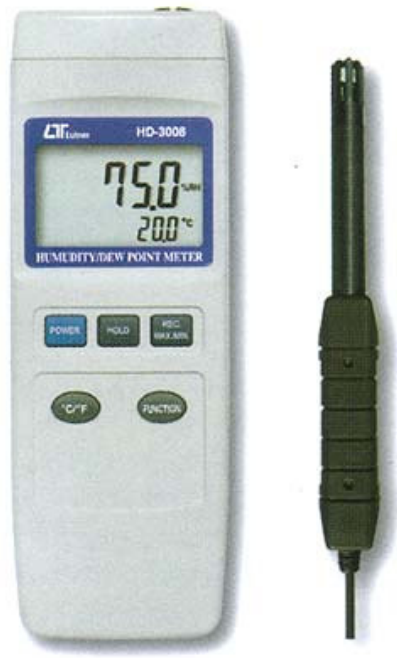
Şekil 5.2 Oksijen & Sıcaklık Sensörü

Sensörün ölçüm değerleri RS232 PC seri arayüz aracılığıyla bilgisayara aktarılmıştır. Sensörün ölçüm değerleri 16 bayt digit data stream olarak aktarılmaktadır.
D15, D14, D13 . . . . . D2, D1, D0

D0	Bitiş Baytı
D1 to D4	Üst Ekran Değeri (Oksijen Ölçüm Değeri)
D5 to D8	Alt Ekran Değeri (Sıcaklık Ölçüm Değeri)
D9	Üst Ekran Değeri için Desimal Değer
D10	Alt Ekran Değeri için Desimal Değer
D11 & D12	Üst Ekran Değeri için Anonikatör Değeri
D13	Alt Ekran Değeri için Anonikatör Değeri
D14	Ekran için Okuma Polaritesi
D15	Başlangıç Baytı

5.3.2 Nem sensörü

Projenin gerçekleştirilmesinde "Lutron Electronic Inc." 'in geliştirdiği HD-3008 modeli dijital nem sensörü kullanılmıştır, sensör Şekil 5.3 da gösterilmektedir. Sensör nem değerini % ile göstermektedir.



Şekil 5.3 Nem Sensörü

Sensörün ölçüm değerleri RS232 PC seri arayüz aracılığıyla bilgisayara aktarılmıştır. Sensörün ölçüm değerleri 16 bayt digit data stream olarak aktarılmaktadır.

D15, D14, D13 . . . . . D2, D1, D0

D0	Bitiş Baytı
D1 to D8	Ekranda Gözüken Nem Ölçüm Değeri
D9	Soldan Sağa Desimal Nokta Değeri
D10	Polarite Değeri
D11 & D12	Ekran Anonikatör Değeri
D13	Ekran Alt veya Üst Değerinin Gönderilme Takip Paritesi
D14	4
D15	Başlangıç Baytı

5.3.3 Partikül sersörü

Projenin gerçekleştirilmesinde “eSENSE Air Inc.” ‘in geliştirdiği CO2 Transmitter modeli dijital partikül sensörü kullanılmıştır, Şekil 5.4 da gösterilmektedir. Sensör partikül miktarını ppm (parts per million) biriminde göstermektedir.



Şekil 5.4 Partikül Sensörü

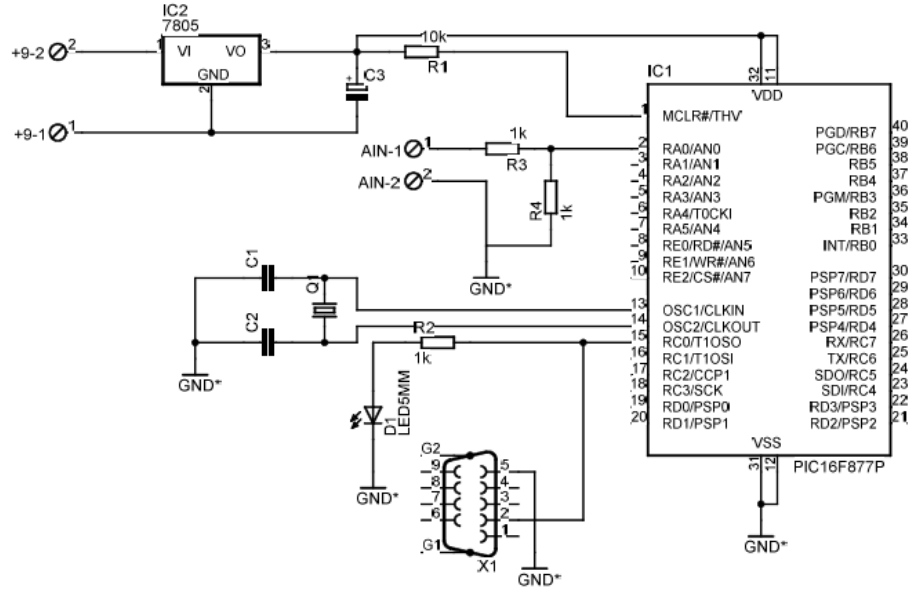
Sensörün ölçüm değerleri ADC aracılığıyla RS232 PC seri arayüz ile bilgisayara aktarılmıştır. 0-5 Volt arası analog çıkış üretmektedir. Gerekli çevirim elektronik devre aracılığıyla yapılmıştır. Sonraki bölümde bu devre detaylı olarak anlatılmaktadır.

5.3.3.1 Partikül sensörü ara birim devresi

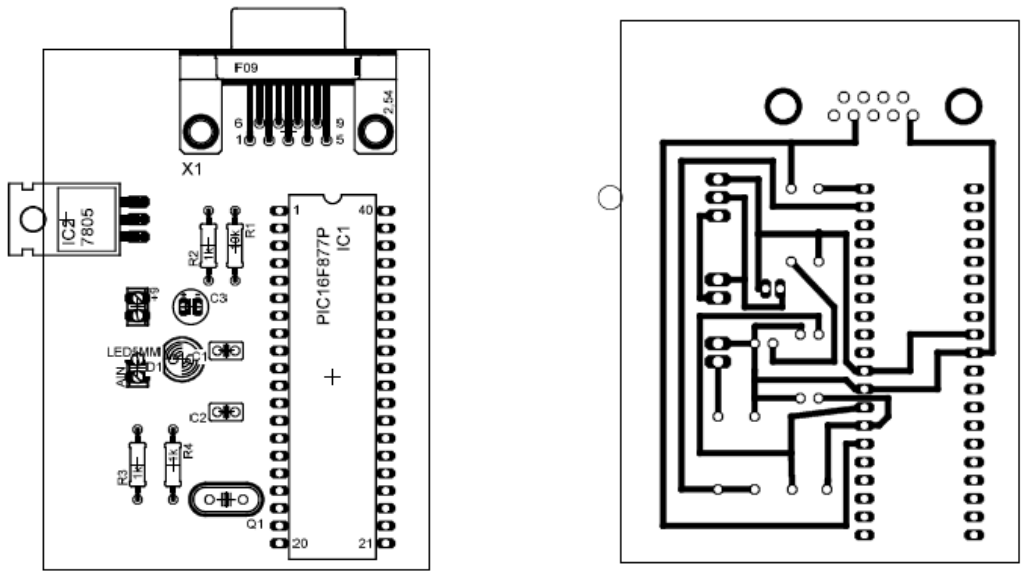
CO2 sensörü her ppm başına 5mV üretmektedir. 2000 ppm de bu gerilim 10V a ulaşmaktadır. PIC in ADC çevirici girişine maksimum 5 V girilebildiği için sensörden alınan gerilim 1K lık iki direnç yardımıyla ikiye bölünüp pic programında alınan değer tekrar iki ile çarpılarak aynı değer elde edilmektedir.

Aşağıdaki devre şemasında R3 ve R4 gelen analog veriyi ikiye bölüyor. C1 ve C2 kristal ile birlikte saat darbesi üreten devreyi oluşturmakta.R2 ve D1 ise PIC ten seri porta

veri gittiğini göstermek için koyulmuştur. 7805 entegresi 12 V luk giriş gerilimini 5 V a düşmektedir. Devrenin yapısı ve baskı devresi Şekil 5.5 ve Şekil 5.6 da detaylı olarak gösterilmektedir.



Şekil 5.5 Partikül Sensörü Ara Devresi



Şekil 5.6. Partikül Sensörü Ara Birim Baskı Devresi

Sisteme ait PIC kodları aşağıdaki gibidir.

```
Device = 16f877                 'Hangi PIC'i kullanacağımızı belirtiyoruz
DECLARE XTAL 4                  'Kullanacağımız kristali belirtiyoruz
DECLARE ADIN_RES 10             '10-bit result required
DECLARE ADIN_DELAY 50           'Örnekleme için 50us bekletiyoruz
DIM VAR1 as WORD                'dijital bilgiyi alacağımız değişken tanıtıyoruz
SYMBOL send portc.0             'RS232 ye çıkış yapacağımız pin tanımlanıyor.
TRISA = %00000001               'AN0 (PORTA.0) pinini giriş olarak tanımladık
ADCON1 = %10000000              'PORTA.0 i analog giriş olarak tanımladık
trisc=%00000000                 'PORTC çıkış olarak tanımlanıyor.
loop:
pause 5
var1 = ADIN 0                   'Dijitale çevrilen veri VAR1 e atıldı.
pause 5
var1=var1*2                     '10V ikiye bölündügü için 2 ile çarpıldı.
DELAYMS 250
serout send,16780,[dec var1]    'var1 verisi seriport ile bilgisayara atıldı.
var1=0                          'var1 i sıfırlıyoruz
goto loop                       'sonsuz döngüye giriyor.
End
```

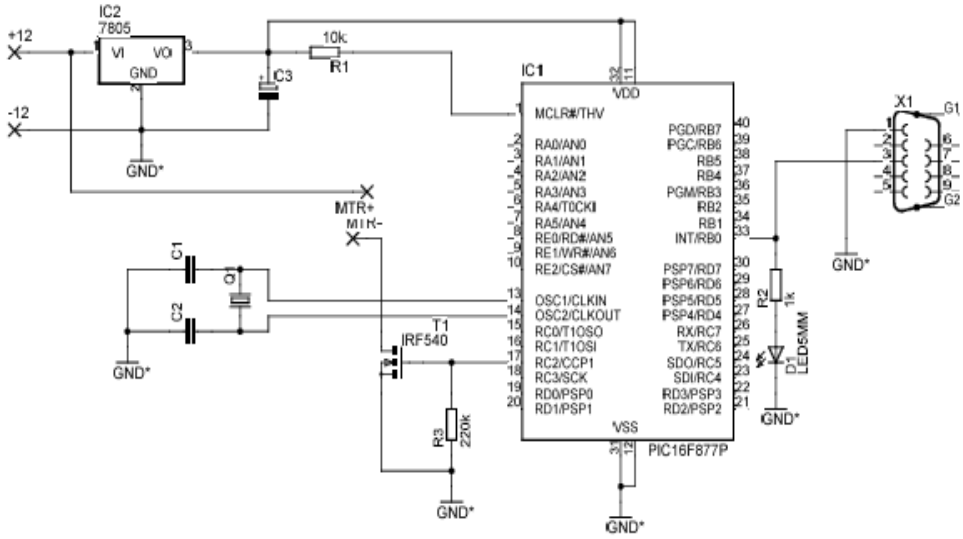
5.3.4 PC ile fanın hız kontrolü

Ameliyathane içi ortam değerlerinin istenilen düzeyde tutulabilmesi için özel klima sistemleri kullanılmaktadır. Gerçekleştirdiğimiz prototip çalışmasında ortam değerlerinin istenilen seviyede tutulması DC Fanlar ile gerçekleştirilmeye çalışılmış. Şekil 5.7 da fan görünümü verilmektedir.



Şekil 5.7 Havalandırmada Kullanılan DC Fan

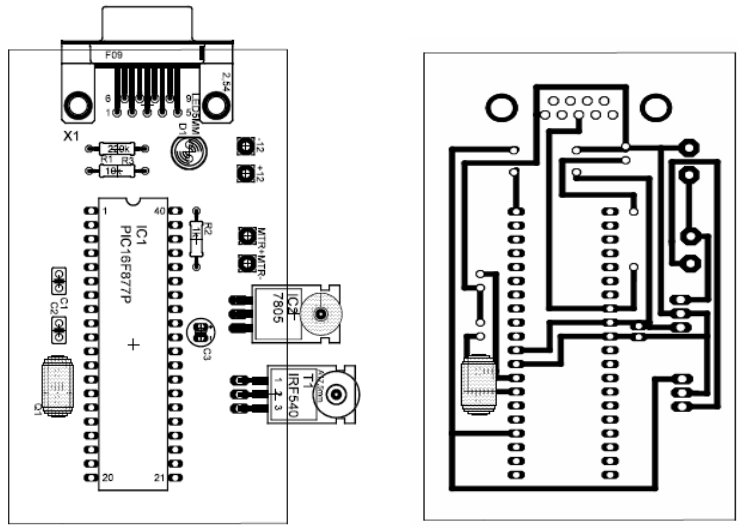
Hız kontrolü için PWM yöntemi kullanılmıştır. Sistemin esas parçası olan PIC ile üretilen pwm sinyali fanı süreceğimiz IRF 540 mosfet e uygulanmıştır. Mosfet'in drain ucunda 12 V vardır. Gate ucuna uygulanan gerilim arttıkça Drain Source arasındaki direnç azalır ve 12 V bu dirençle orantılı olarak geçer. Örneğin gate ucundaki gerislim 2,5V olduğunda fanın üstüne yaklaşık 6 V luk bir gerilim düşer ve fan %50 devirle döner. Seriporttan gönderdiğimiz bilgilere göre pwm sinyalinin duty cycle(sinyaldeki On/Off oranı) değiştirilerek fanın hızı kontrol edilmiştir. Devrenin yapısı ve baskı devresi Şekil 5.8 ve Şekil 5.9 da detaylı olarak gösterilmektedir.



Şekil 5.8 DC Fan Hız Kontrol Devresi

Yukarıdaki devrede de görüldüğü gibi 7805 entegresi 12 V'luk giriş gerilimini 5 V' a düşürüyor. Burada 12 V besleme vermemizin nedeni projenin diğer devrelerinde 12 V kullanılması ve bu yüzden kullanılan güç kaynağının tek e indirilmesidir.

Devrede c1 ve c2 kondensatörleri Q1 ile isimlendirilen kristalle birlikte saat darbesini üreten devre parçasıdır.R2 ve D1 ise seri porttan bilgi geldiğini görmek için ve seri porttan gelen fazla gerilimin bir kısmının burada harcanmasını sağlamak için koyulan düzenektir. Devrenin baskı devresine ait üstten ve alttan görünüşler şöyledir.



Şekil 5.9 DC Fan Hız Kontrol Ara Birim Baskı Devresi

Sisteme ait PIC kodları ve bunların açıklamaları aşağıdaki gibidir.

```
Device = 16f877                    'Hangi PIC'i kullanacağımızı belirtiyoruz
DECLARE XTAL 4                     'Kullanacağımız kristali belirtiyoruz
DIM al as byte                     'PC den alacağımız değeri al e atacağız
DIM var1 as byte                   'PWM değeri bu değişkene atılıyor
SYMBOL rcv portc.0                 'RS232 Den giriş yapacağımız pin tanımlanıyor.
TRISB = %00000001                  'PORTA.0 pinini giriş olarak tanımladık
TRISC = %00000000                  'PORTC çıkış olarak tanımlanıyor.
loop:
SERIN PORTb.0 , 16780 ,[al]        'seriporttan bilgi "al" değişkenine atılıyor ,
```

```
if al="3"  then var1=28*3
if al="4"  then var1=28*4
if al="5"  then var1=28*5
if al="6"  then var1=28*6
if al="7"  then var1=28*7
if al="8"  then var1=28*8
if al="9"  then var1=28*9+3
pwm portc.2,var1,1000
goto loop
```

'gelen bilgiye göre pwm sinyalinin duty cycle ı ayarlanıyor.var1 değişkeni 0-255 arasında bir değer olabilir.Bu değer 255 olduğunda pwm sinyalinin ortalama değeri 5 V olur.

5.3.5 Oluşturulan ameliyathane prototipi

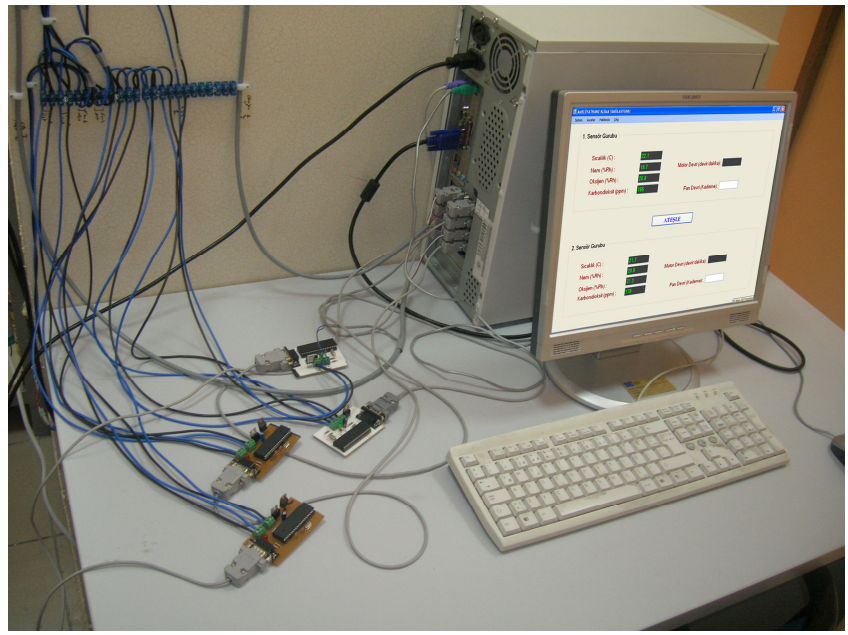
Ameliyathane içi ortam değerlerinin, oluşturduğumuz BUS ile istenilen düzeyde tutulabilmesini test etmek amacıyla bir ameliyathane prototipi oluşturulmuştur. Prototipin en, boy ve yükseklik değerleri 225 X 225 X 212 cm dir. Şekil 5.1 de görüldüğü gibi karşılıklı köşelere havalandırma fanları, egzoz ve sensör gurupları monte edilmiştir. Egzozlar zeminden 50 cm yüksekliğe, havalandırma fanları 180 cm yüksekliğe, sensör gurupları da 180 cm yüksekliğe monte edilmişlerdir. Şekil 5.10 da prototipe monte edilen birinci gurup havalandırma fanı, egzoz fanı ve sensörler, Şekil 5.11 de de ikinci gurup havalandırma fanı, egzoz fanı ve sensörler görülmektedir. Tüm sensörler, havalandırma fanları ve egzoz fanları RS232 protokolü üzerinden bilgisayara giriş yapılmaktadır (Şekil 5.12). Ayrıca sensörlerin anlık ölçüm değerleri kendi ekranlarından da gözlenebilmektedir (Şekil 5.13).



Şekil 5.10 Grup1-Havalandırma Fanı, Egzoz Fanı ve Sersörler



Şekil 5.11 Grup2- Havalandırma Fanı, Egzoz Fanı ve Sersörler



Şekil 5.12 Oluşturulan Devre ve Sensörlerin Bilgisayar Bağlantısı



Şekil 5.13 Sensörlerin Ekranları Görüntüleri

5.4 Kullanılan Bilgisayar ve Yazılımı

Sistemin gerçekleştirilmesinde tüm sensörlerde alınan veriler RS232 haberleşme teknolojisi aracılığıyla bilgisayarda toplanmakta ve gerekli bulanık hesaplamalar yine aynı bilgisayar üzerinde girişlere göre yapılmaktadır. Bunun için Intel Celeron işlemciye sahip bir bilgisayar kullanılmıştır.

Projede kullanılan bilgisayarın özellikleri şöyledir:

- Intel Celeron 2.0 İşlemci
- 512 MB DDR Hafıza
- 20 GB Sabit Disk
- 64 MB Ekran Kartı

Bulanık uzman sistem C#.NET de geliştirilmiştir. Aynı zamanda Mathlab 7.1'in fuzzy toolbox programında da yazılan programın test edilmesi amacıyla denenmiş ve çok yakın sonuç verileri elde edilmiştir. Geliştirilen arayüz programı ile Matlab Fuzzy Logic Toolbox programında yapılan tasarım verileri karşılaştırılmasında % 0- %0,2 fark ile karşılaşılmış. Istatistiksel analizler sonucu karşılaştırmalarda görülen farkın göz ardı edilebilecek bir fark olduğu düşünülmüştür.

5.4.1 Bulanık uzman sistem yazılımı

Sistemin yazılım bölümü C#.NET de geliştirilmiştir. Sensörlerden gelen verilerin bilgisayara aktarılması, girişlere göre bulanık hesaplamaların yapılması, çıkış olarak hesaplanan ameliyathane klima devir değerlerinin ve ısıtma/soğutma düzeylerine göre klimaların çalıştırılması program tarafından yapılmaktadır.

Dört farklı giriş parametresi için (sıcaklık, nem, oksijen ve partikül) dört farklı sensörden verileri alınmıştır. Ameliyathanenin giriş değerleri iki farklı sensör gurubu kullanılarak sekiz farklı sensör; kontrol sistemimizin girişini oluşturmuştur. Farklı iki noktadan alınan sekiz giriş verisi tasarladığımız BUS (bulanık uzman sistem) tarafından bulanık mantık algoritmasıyla hesaplanmakta ve bu işlem esnasında uzman tarafından sisteme aktarılan bulanık mantık kuralları ve üyelik fonksiyon değerlerinden de

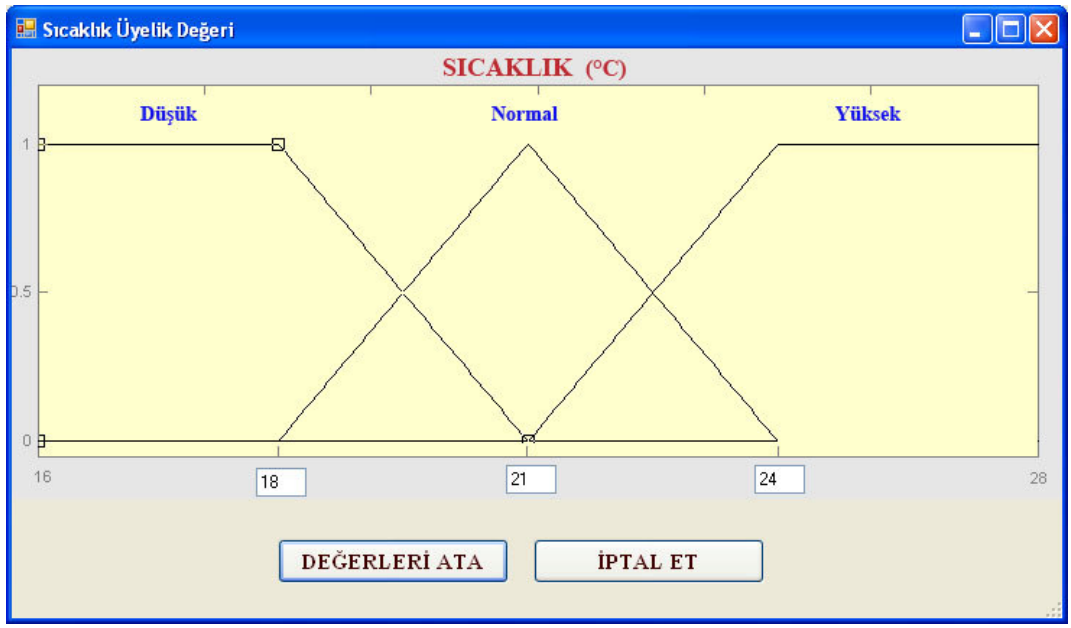
faydalanılmaktadır. Her otuz saniyede ortam verileri sisteme aktarılarak ameliyathane klimaları gerekli düzelerde çalıştırılmaktadır. Şekil 5.14 da programın ana sayfası görülmektedir.



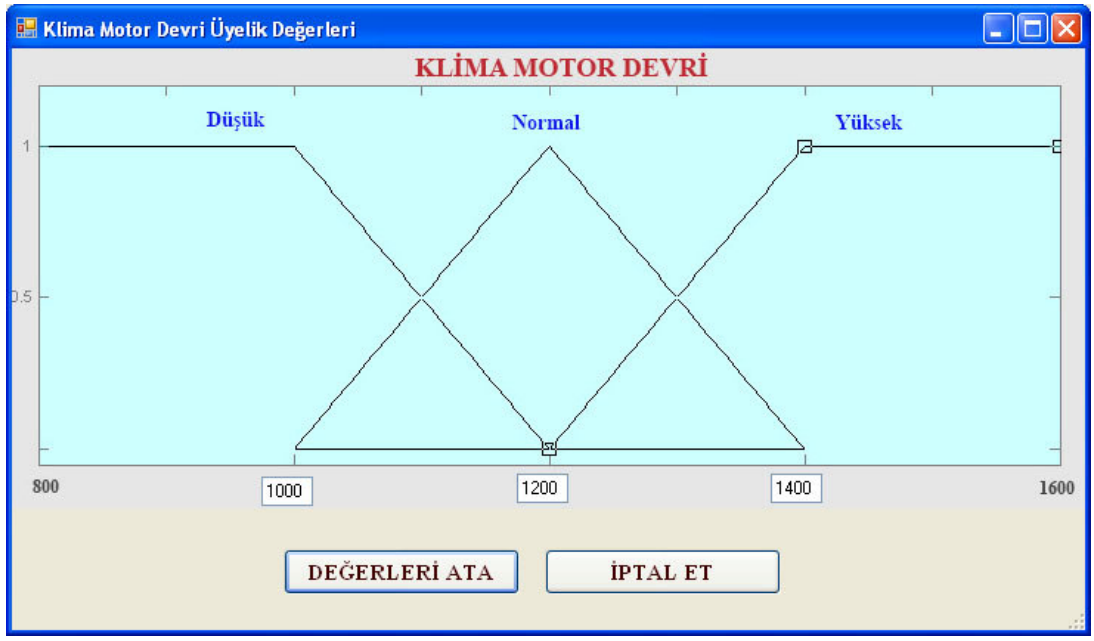
Şekil 5.14 Programın Ana Sayfa Görüntüsü

Sensör ölçüm değerleri 30 saniye aralıkla bilgisayarda aktarılmaktadır. Veri aktarım süreci bitiminde alınan veriler BUS'a kesin giriş olarak verilmekte, daha sonra bulanıklaştırma süreci yapılmakta ve bu bulanık verilere uygun bulanık kurallar çalıştırılmaktadır. Ateşlenen kurallar Mamadani max-min çıkarım mekanizmasına göre bir çıkarım oluşturulmakta ve bu çıkarım durulaştırma yöntemi ile kesin değere çevrilmektedir. Böylece elde edilen çıkış değerleri uygun çıkışa verilerek fan hızını etkilemektedir. Her sensör gurubu için farklı hesaplama yapılmaktadır.

Programın esnek bir yapıya sahip olması, kullanıcı dostu olması için bulanık kurallar, programın çalışması esnasında ayarlanabilmektedir. Aynı şekilde sıcaklık, nem, oksijen ve partikül değerleri için üyelik fonksiyon değerleri programın çalışması esnasında düzenlenebilmektedir. Programın sıcaklık ve klima fan devri için üyelik fonksiyonu düzenleme modülü Şekil 5.15 ve Şekil 5.16 de gösterilmektedir.

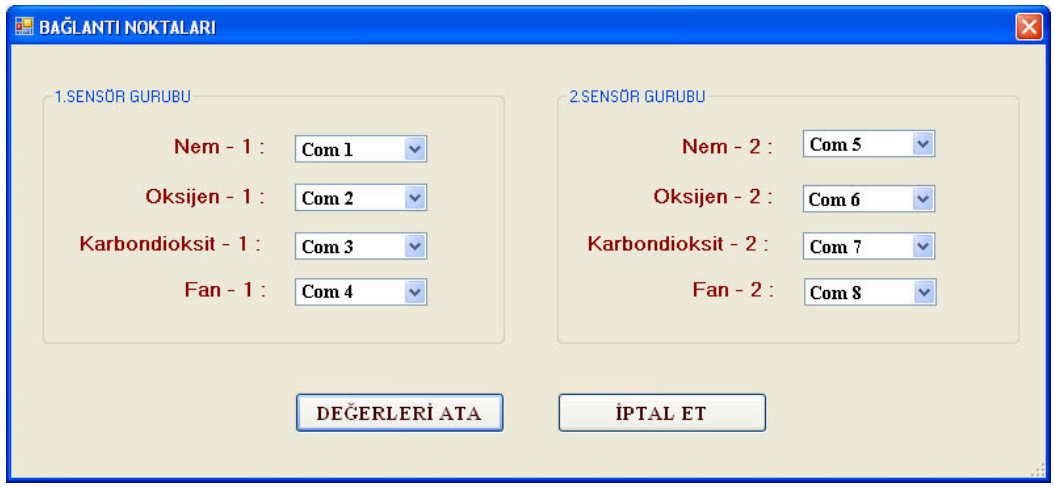


Şekil 5.15 Sıcaklık Üyelik Değerleri



Şekil 5.16 Klima Fan Devri Üyelik Değerleri

Ayrıca yine aynı şekilde bilgisayarımıza bağlı olan sensörlerin hangi port üzerinden veri iletişimi yaptığı programın ayarlarından düzenlenebilmektedir. Şekil 5.17 de bu bölüm gösterilmektedir.



Şekil 5.17 Bağlantı Noktaları

Sistem tarafından 30'ar saniyede alınan giriş verileri ve hesaplanan çıkış değerleri tarih ve saat bazında Excel formatında bilgisayara kaydedilmektedir. Bu kayıtların belirli bir zaman aralığında sistem tarafından alınan değerleri Çizelge 5.5 da örnek olarak verilmiştir.

5.5 Ameliyathane Prototipinde Yapılan Testler

Oluşturduğumuz BUS'ın başarısını kontrol etmek amacıyla ameliyathane prototipinde bir dizi testler yapılmıştır.

5.5.1 Test amaçlı ameliyat tatbikatı

Dört kişilik bir gurup seksen dakika süreyle prototip yapı içerisinde tutulmuş ve bu süre zarfında sensör guruplarından alınan veriler ve bu değerlere BUS'ın fan klima devri ve egzoz devir çıkışı olarak verdiği cevaplar bilgisayara oluşturduğumuz BUS yazılımı tarafından kaydedilmiştir. Amaç, ameliyat ekibi ve hastanın bulunduğu gerçek bir ameliyat esnasında, ortam değerlerindeki değişimin ve BUS'ın buna verdiği cevabı gözlemektir. Alınan veriler Çizelge 5.5 da gösterilmektedir.

Çizelge 5.5 Test Çıkış Değerleri

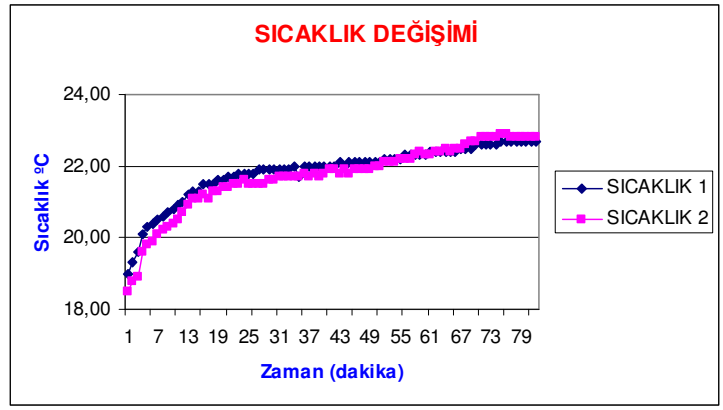
	Gurup 1						Gurup 2					
Zaman	Sıcaklık (ºC)	Nem (%)	Oksijen (%)	Partikül (ppm)	Klima Fan Devri (devir/dakika)	Egzoz Devri (devir/dakika)	Sıcaklık (ºC)	Nem (%)	Oksijen (%)	Partikül (ppm)	Klima Fan Devri (devir/dakika)	Egzoz Devri (devir/dakika)
10:00	19,00	19,50	22,80	10	1075	1075	18,50	20,30	21,20	11	992	992
10:01	19,30	19,50	23,30	10	1089	1089	18,80	20,30	21,00	13	972	972
10:02	19,60	19,50	23,60	10	1100	1100	18,90	20,30	20,90	15	992	992
10:03	20,10	19,60	23,70	10	1105	1105	19,60	20,70	20,50	15	1065	1065
10:04	20,30	19,80	23,70	10	1106	1106	19,80	20,70	20,50	12	1055	1055
10:05	20,40	19,80	23,80	14	1111	1111	19,90	20,70	20,40	12	1063	1063
10:06	20,50	19,80	23,80	14	1111	1111	20,10	21,00	20,20	12	1081	1081
10:07	20,60	19,80	23,80	14	1111	1111	20,20	21,00	20,20	12	1081	1081
10:08	20,70	19,80	23,90	18	1116	1116	20,30	21,00	20,10	15	1091	1091
10:09	20,80	19,80	23,80	18	1111	1111	20,40	21,40	20,10	15	1085	1085
10:10	20,90	19,80	23,70	14	1106	1106	20,50	21,40	20,00	15	1094	1094
10:11	21,00	20,10	23,70	14	1108	1108	20,70	21,80	20,00	17	1089	1089
10:12	21,20	20,30	23,60	14	1106	1106	20,90	21,80	19,80	17	1112	1112
10:13	21,30	20,30	23,60	14	1106	1106	21,10	21,80	19,80	17	1112	1112
10:14	21,30	20,30	23,60	16	1106	1106	21,10	21,80	19,60	14	1135	1135
10:15	21,50	20,30	23,50	18	1102	1102	21,20	21,70	19,70	14	1124	1124
10:16	21,50	20,30	23,60	18	1106	1106	21,10	21,80	19,70	14	1124	1124
10:17	21,50	20,30	23,60	18	1106	1106	21,30	21,50	19,70	19	1124	1124
10:18	21,60	20,40	23,50	18	1102	1102	21,30	21,40	19,70	19	1124	1124
10:19	21,60	20,30	23,50	18	1102	1102	21,40	21,30	19,60	19	1135	1135
10:20	21,70	20,50	23,40	18	1099	1099	21,40	21,40	19,50	19	1146	1146
10:21	21,70	20,50	23,40	20	1099	1099	21,50	21,40	19,60	21	1135	1135
10:22	21,80	20,40	23,40	20	1099	1099	21,50	21,50	19,60	21	1135	1135
10:23	21,80	20,50	23,40	20	1099	1099	21,60	21,40	19,50	21	1146	1146
10:24	21,80	20,50	23,30	20	1094	1094	21,50	21,50	19,50	23	1146	1146
10:25	21,80	20,50	23,40	26	1099	1099	21,50	21,40	19,50	23	1146	1146
10:26	21,90	20,50	23,40	26	1099	1099	21,50	21,50	19,40	23	1157	1157
10:27	21,90	20,60	23,40	26	1099	1099	21,50	21,50	19,40	21	1157	1157
10:28	21,90	20,40	23,40	26	1099	1099	21,60	21,40	19,30	21	1168	1168
10:29	21,90	20,40	23,40	22	1099	1099	21,60	21,40	19,30	21	1168	1168
10:30	21,90	20,20	23,40	22	1098	1098	21,70	21,30	19,40	25	1157	1157
10:31	21,90	20,20	23,40	22	1098	1098	21,70	21,50	19,40	25	1157	1157
10:32	21,90	20,40	23,30	22	1094	1094	21,70	21,40	19,30	25	1168	1168
10:33	22,00	20,40	23,30	22	1094	1094	21,70	21,30	19,30	25	1168	1168
10:34	21,70	20,30	23,30	22	1094	1094	21,70	21,30	19,30	25	1168	1168
10:35	22,00	20,30	23,30	22	1094	1094	21,80	21,50	19,30	25	1168	1168
10:36	22,00	20,30	23,40	22	1098	1098	21,70	21,70	19,30	25	1168	1168
10:37	22,00	20,30	23,30	22	1094	1094	21,80	21,50	19,30	25	1168	1168
10:38	22,00	20,40	23,40	22	1099	1099	21,70	21,40	19,30	27	1168	1168
10:39	22,00	20,40	23,40	30	1099	1099	21,80	21,50	19,20	27	1179	1179
10:40	22,00	20,40	23,40	30	1099	1099	21,90	21,40	19,20	23	1179	1179
10:41	22,00	20,40	23,30	30	1094	1094	21,90	21,50	19,20	23	1179	1179
10:42	22,10	20,30	23,30	30	1094	1094	21,80	21,40	19,20	23	1179	1179
10:43	22,00	20,40	23,30	30	1094	1094	21,90	21,30	19,20	29	1179	1179
10:44	22,10	20,20	23,30	26	1094	1094	21,80	21,20	19,20	29	1179	1179

10:45	22,10	20,40	23,20	26	1089	1089	21,90	21,60	19,20	29	1179	1179
10:46	22,10	20,50	23,20	26	1089	1089	21,90	21,70	19,10	29	1189	1189
10:47	22,10	20,40	23,30	26	1094	1094	21,90	21,40	19,10	31	1189	1189
10:48	22,10	20,50	23,30	26	1094	1094	21,90	21,40	19,10	31	1189	1189
10:49	22,10	20,50	23,40	26	1099	1099	22,00	21,20	19,00	31	1200	1200
10:50	22,10	20,40	23,30	26	1094	1094	22,00	21,50	19,00	31	1200	1200
10:51	22,20	20,50	23,30	28	1094	1094	22,10	21,50	19,10	31	1189	1189
10:52	22,20	20,50	23,30	28	1094	1094	22,10	21,50	19,00	33	1200	1200
10:53	22,20	20,40	23,30	28	1094	1094	22,10	21,60	19,00	33	1200	1200
10:54	22,20	20,50	23,30	28	1094	1094	22,20	21,60	19,00	30	1200	1200
10:55	22,30	20,50	23,20	28	1089	1089	22,20	21,70	19,00	30	1200	1200
10:56	22,30	20,50	23,20	30	1089	1089	22,20	21,60	18,90	30	1211	1211
10:57	22,30	20,50	23,30	30	1094	1094	22,30	21,50	18,90	30	1211	1211
10:58	22,30	20,50	23,20	30	1089	1089	22,40	21,50	18,90	37	1211	1211
10:59	22,30	20,50	23,30	30	1094	1094	22,30	21,70	18,90	37	1211	1211
11:00	22,40	20,60	23,30	28	1092	1092	22,30	21,60	18,90	37	1211	1211
11:01	22,40	20,50	23,30	28	1092	1092	22,40	21,50	18,80	39	1218	1218
11:02	22,40	20,60	23,30	28	1092	1092	22,40	21,50	18,80	45	1218	1218
11:03	22,40	20,50	23,30	28	1092	1092	22,50	21,50	18,80	49	1211	1211
11:04	22,40	20,50	23,30	34	1092	1092	22,40	21,70	18,90	51	1211	1211
11:05	22,40	20,60	23,30	36	1092	1092	22,50	21,60	18,80	51	1211	1211
11:06	22,50	20,50	23,20	42	1086	1086	22,50	21,60	18,80	51	1211	1211
11:07	22,50	20,50	23,30	44	1089	1089	22,60	21,60	18,70	51	1224	1224
11:08	22,50	20,60	23,20	50	1086	1086	22,70	21,50	18,70	51	1231	1231
11:09	22,60	20,60	23,20	52	1088	1088	22,70	21,60	18,80	61	1221	1221
11:10	22,60	20,60	23,10	52	1084	1084	22,80	21,50	18,70	67	1232	1232
11:11	22,60	20,70	23,20	52	1088	1088	22,80	21,70	18,80	67	1221	1221
11:12	22,60	20,70	23,20	74	1088	1088	22,80	21,80	18,60	77	1243	1243
11:13	22,60	20,70	23,10	76	1084	1084	22,80	21,60	18,60	88	1243	1243
11:14	22,70	20,70	23,20	84	1089	1089	22,90	21,60	18,60	92	1243	1243
11:15	22,70	20,70	23,20	86	1089	1089	22,90	21,70	18,50	92	1254	1254
11:16	22,70	20,70	23,20	88	1089	1089	22,80	21,80	18,60	96	1243	1243
11:17	22,70	20,80	23,20	88	1089	1089	22,80	21,80	18,50	96	1250	1250
11:18	22,70	20,70	23,10	91	1084	1084	22,80	21,70	18,80	98	1221	1221
11:19	22,70	20,80	23,10	91	1084	1084	22,80	21,70	18,60	99	1243	1243
11:20	22,70	20,80	23,10	93	1084	1084	22,80	21,80	18,50	100	1250	1250
11:21	22,70	20,80	23,10	93	1084	1084	22,80	21,70	18,80	100	1221	1221

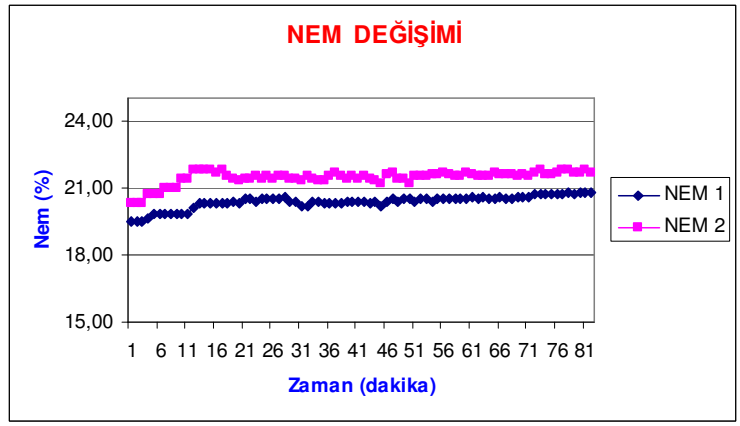
Test sonunda iki sensör gurubu için sıcaklık, nem, oksijen, partikül giriş değerleri ve buna bağlı olarak klima ve egzoz fan devir çıkış değerinin karşılaştırılması grafiksel olarak yapılmıştır (Grafik 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.11).

Test başlangıcında sensör giriş verileri:

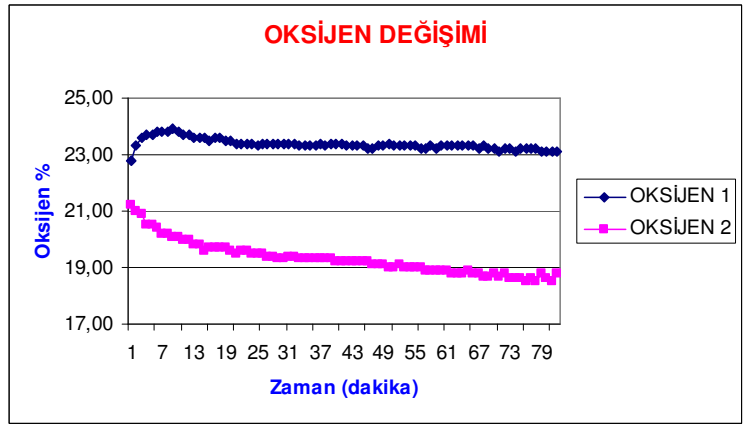
- Sıcaklık değerleri düşük görülmüştür (19 ºC ve 18.5 ºC).
- Nem değerleri normal düzeylerde görülmüş (%19.5 ve %20.5).
- Oksijen miktarı normal görülmüş (%22.8 ve %21.2).
- Partikül miktarı düşük görülmüştür (10 ppm ve 11 ppm).



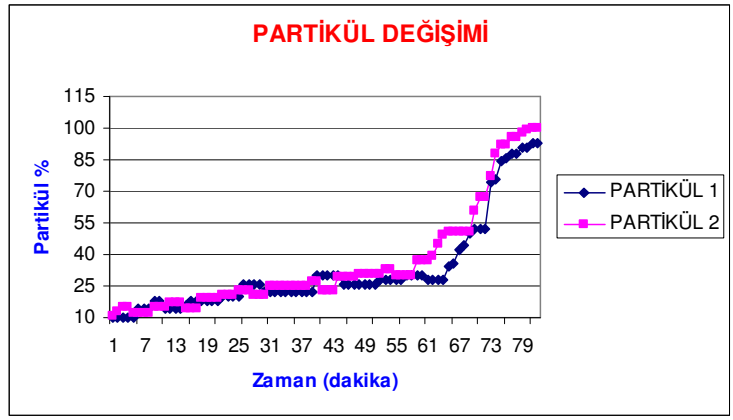
Grafik 5.6 İki gurup için sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması



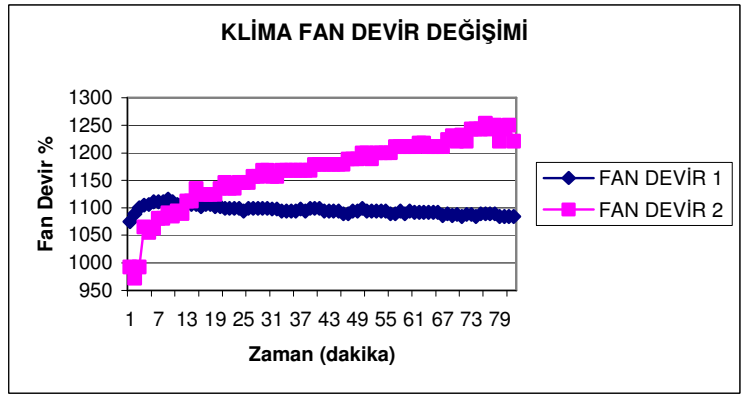
Grafik 5.7 İki gurup için nem değerlerinin karşılaştırılması



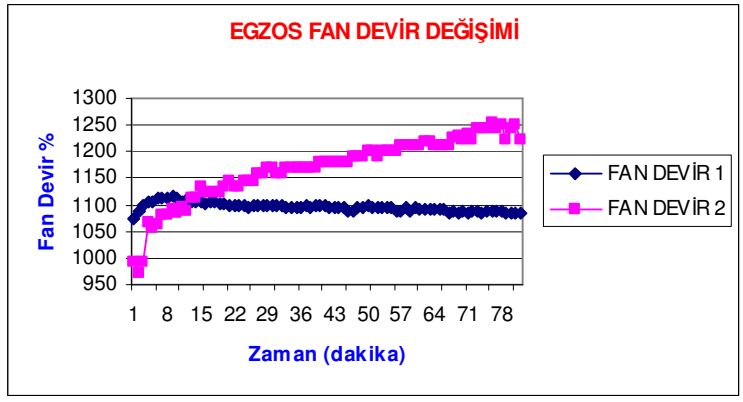
Grafik 5.8 İki gurup için oksijen değerlerinin karşılaştırılması



Grafik 5.9 İki gurup için partikül değerlerinin karşılaştırılması



Grafik 5.10 İki gurup için klima fan devir değerlerinin karşılaştırılması



Grafik 5.11 İki gurup için egzoz fan devir değerlerinin karşılaştırılması

Seksen dakikalık test esnasında grafiklerden de görüldüğü gibi şu sonuçlar elde edilmiştir (Grafik 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10, 5.11):

- Sıcaklık değerleri başlangıçta artma göstersede sonradan BUS, belirtilen maksimum sıcaklık değerine (24 ºC) varmadan ortamı sıcaklığını 23 ºC'de tutmayı başarmıştır.
- Nem değerleri test süresince bir miktar artış göstermiş ve sonra durağan seyre geçmiştir.
- Oksijen değerlerinde bir miktar düşüş yaşansada BUS verilen minimum (%19) değerlerde sistemi tutabilmiştir.
- Partükül değerlerinde başlangıca göre kayda değer bir artış yaşandığında bu değerleri BUS 140 ppm civarlarında tutmayı başarmış ve kirlilik düzeyinin sınırı aşmasına engel olmuştur.
- Klima fan devir değerleri sistem giriş parametrelerine göre anlık değişimler göstermiş ve düzenli artış değerleriyle ortam şartlarını istenilen seviyelerde tutmuştur.

Seksen dakikalık test süresince prototipten alınan sıcaklık, nem, oksijen, partikül değerleri hiçbir zaman hedeflenen değerlerin (DIN 1946/4) dışına çıkmamıştır. Bu oluşturulan BUS'ın anlık ve sürekli olarak sistem gereksinimlerine cevap verdiğinin bir sonucudur.

5.5.2 BUS'ın kötü ortam şartlarından sistemi uygun değerlere taşıma testi

Bu testte, klima ve egzoz fanları çalıştırılmadan dört kişilik bir gurup yirmi dakika süreyle prototip yapı içerisinde tutulmuşlar ve sensör değerlerinden alınan veriler istenmeyen değerlere ulaşınca BUS devreye sokularak, BUS'ın bu duruma vereceği tepki ve sensörden alınan verilerin değişimi gözlemlenmiştir. Alınan veriler Çizelge 5.6 de gösterilmektedir.

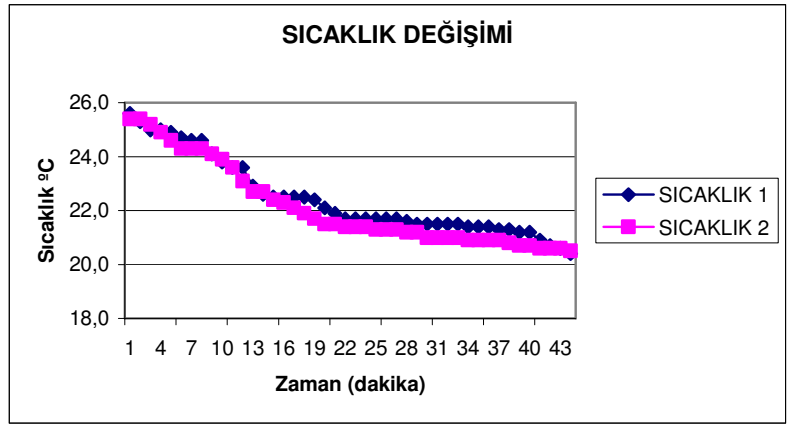
Çizelge 5.6 Test Çıkış Değerleri

	Gurup 1						Gurup 2					
Zaman	Sıcaklık (ºC)	Nem (%)	Oksijen (%)	Partikül (ppm)	Klima Fan Devri (devir/dakika)	Egzoz Devri (devir/dakika)	Sıcaklık (ºC)	Nem (%)	Oksijen (%)	Partikül (ppm)	Klima Fan Devri (devir/dakika)	Egzoz Devri (devir/dakika)
13:00	25,6	22,7	20,0	718	1435	1435	25,4	22,6	19,8	669	1433	1433
13:01	25,3	22,6	20,1	568	1436	1436	25,4	22,6	19,8	639	1433	1433
13:02	25,0	22,6	20,3	446	1438	1438	25,2	22,6	19,8	487	1433	1433
13:03	25,0	22,6	20,3	350	1301	1301	24,9	22,6	19,8	407	1433	1433
13:04	24,9	22,6	20,5	312	1148	1148	24,6	22,5	19,8	357	1328	1328
13:05	24,7	22,6	20,6	268	1019	1019	24,3	22,5	19,8	305	1165	1165
13:06	24,6	22,6	20,9	264	978	978	24,3	22,5	19,8	305	1165	1165
13:07	24,6	22,6	20,9	252	978	978	24,3	22,5	19,8	265	1112	1112
13:08	24,1	22,6	21,2	240	978	978	24,1	22,5	19,8	263	1112	1112
13:09	23,8	22,6	21,3	238	985	985	23,9	22,5	19,8	261	1112	1112
13:10	23,6	22,6	21,3	236	985	985	23,6	22,5	19,8	259	1112	1112
13:11	23,6	22,5	21,5	236	998	998	23,1	22,5	19,9	257	1104	1104
13:12	22,9	22,5	21,5	234	1011	1011	22,7	22,5	19,9	255	1125	1125
13:13	22,6	22,5	21,6	232	1027	1027	22,7	22,5	19,9	245	1125	1125
13:14	22,5	22,5	21,7	230	1036	1036	22,4	22,5	19,9	243	1131	1131
13:15	22,5	22,5	21,7	228	1036	1036	22,3	22,4	19,9	241	1125	1125
13:16	22,5	22,5	21,8	228	1041	1041	22,1	22,4	19,9	239	1114	1114
13:17	22,5	22,5	21,8	226	1041	1041	21,9	22,4	19,9	235	1104	1104
13:18	22,4	22,5	21,9	178	1043	1043	21,7	22,4	19,9	205	1101	1101
13:19	22,1	22,5	21,9	178	1033	1033	21,5	22,4	19,9	203	1101	1101
13:20	21,9	22,5	21,9	176	1027	1027	21,5	22,4	19,9	199	1101	1101
13:21	21,7	22,5	22,0	174	1027	1027	21,4	22,4	19,9	197	1101	1101
13:22	21,7	22,5	22,0	170	1027	1027	21,4	22,4	19,9	191	1101	1101
13:23	21,7	22,5	22,0	170	1027	1027	21,4	22,4	20,0	189	1089	1089
13:24	21,7	22,4	22,0	168	1027	1027	21,3	22,4	20,0	187	1089	1089
13:25	21,7	22,4	22,0	168	1027	1027	21,3	22,4	20,0	185	1089	1089
13:26	21,7	22,4	22,0	164	1027	1027	21,3	22,4	20,0	183	1089	1089
13:27	21,6	22,4	22,0	162	1027	1027	21,2	22,1	20,0	179	1089	1089
13:28	21,5	22,4	22,0	160	1027	1027	21,2	22,1	20,0	177	1089	1089
13:29	21,5	22,1	22,1	158	1033	1033	21,0	21,8	20,0	175	1089	1089
13:30	21,5	22,1	22,1	156	1033	1033	21,0	21,8	20,1	173	1080	1080
13:31	21,5	22,0	22,1	156	1033	1033	21,0	21,8	20,1	173	1080	1080
13:32	21,5	22,0	22,1	150	1033	1033	21,0	21,7	20,2	167	1072	1072
13:33	21,4	21,8	22,1	146	1033	1033	20,9	21,6	20,2	165	1073	1073
13:34	21,4	21,8	22,1	142	1033	1033	20,9	21,6	20,2	163	1073	1073
13:35	21,4	21,7	22,1	138	1033	1033	20,9	21,6	20,2	161	1073	1073
13:36	21,3	21,7	22,1	136	1033	1033	20,9	21,6	20,3	159	1063	1063
13:37	21,3	21,7	22,1	134	1033	1033	20,8	21,5	20,3	157	1064	1064
13:38	21,2	21,7	22,1	130	1033	1033	20,7	21,5	20,3	153	1064	1064
13:39	21,2	21,6	22,1	128	1033	1033	20,7	21,5	20,3	147	1064	1064
13:40	20,9	21,6	22,1	124	1033	1033	20,6	21,4	20,3	139	1065	1065
13:41	20,7	21,6	22,1	120	1033	1033	20,6	21,4	20,3	137	1065	1065
13:42	20,6	21,6	22,1	118	1033	1033	20,6	21,4	20,3	135	1065	1065
13:43	20,4	21,5	22,1	116	1034	1034	20,5	21,4	20,3	131	1065	1065

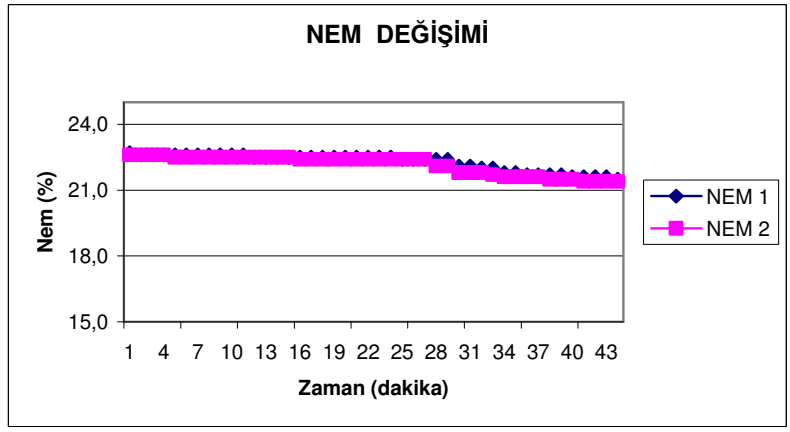
Test sonunda iki sensör gurubu için sıcaklık, nem, oksijen, partikül giriş değerleri ve buna bağlı olarak klima ve egzoz fan devir çıkış değerinin karşılaştırılması grafiksel olarak yapılmıştır (Grafik 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16, 5.17).

Test başlangıcında sensör giriş verileri:

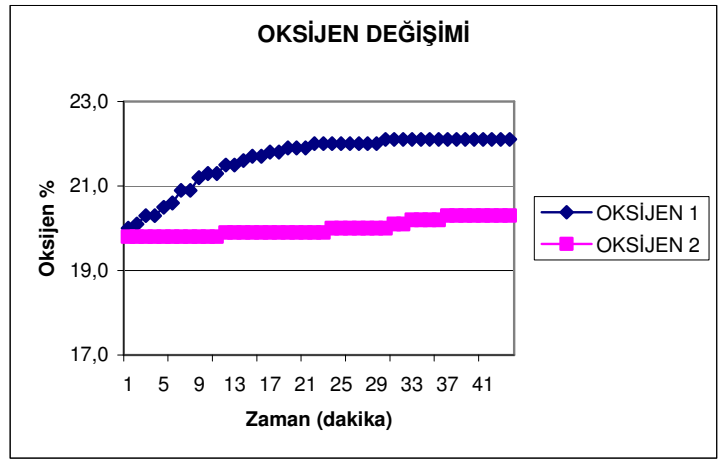
- Sıcaklık değerleri yüksek görülmüştür (25,6 ºC ve 25.4 ºC).
- Nem değerleri normal düzeylerde görülmüş (%22.7 ve %22.6).
- Oksijen miktarı istenilenin altında değerlerde görülmüş (%20.0 ve %19.8).
- Partikül değerleri çok yüksek görülmüştür (718 ppm ve 669 ppm).



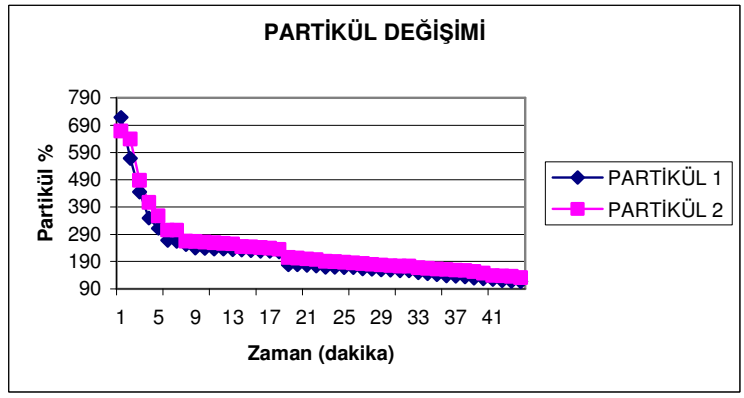
Grafik 5.12 İki gurup için sıcaklık değerlerinin karşılaştırılması



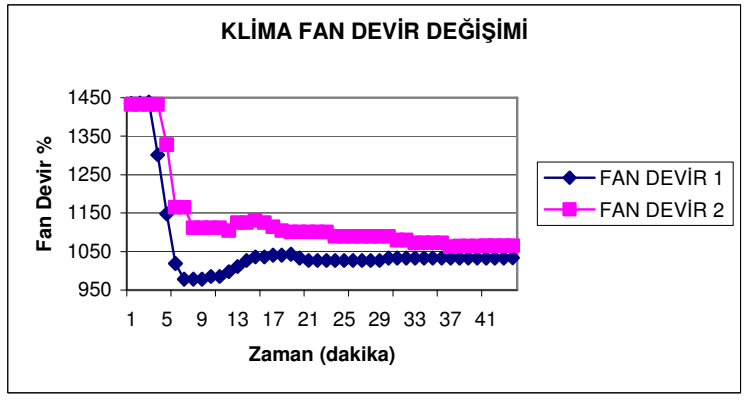
Grafik 5.13 İki gurup için nem değerlerinin karşılaştırılması



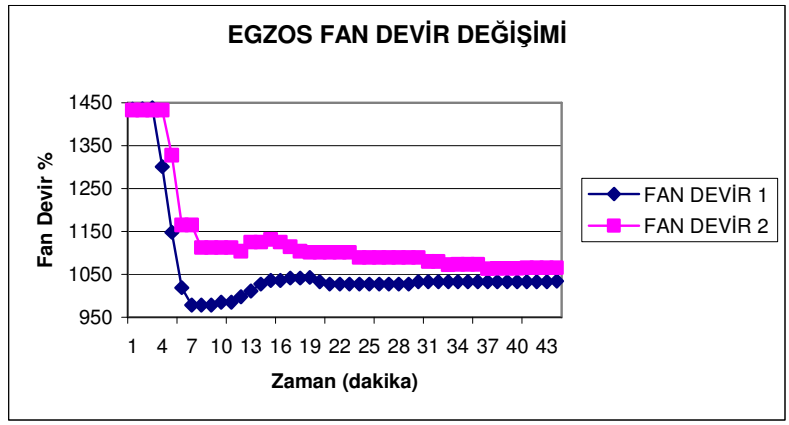
Grafik 5.14 İki gurup için oksijen değerlerinin karşılaştırılması



Grafik 5.15 İki gurup için partikül değerlerinin karşılaştırılması



Grafik 5.16 İki gurup için klima fan devir değerlerinin karşılaştırılması



Grafik 5.17 İki gurup için egzoz fan devir değerlerinin karşılaştırılması

Test başlangıcında sensörlerden alınan değerlerden görüldüğü gibi, ortam verileri ameliyat için hiç uygun olmayan koşulları göstermekteydi. Test esnasında BUS, ameliyathane ortam değerlerini kırk üç dakika gibi bir sürede istenilen düzeylere taşımıştır. Grafiklerden de görüldüğü gibi testten şu sonuçlar elde edilmiştir (Grafik 5.12, 5.13, 5.14, 5.15, 5.16, 5.17):

- Sıcaklık değerleri başlangıçta 25,5 ºC'de iken BUS, ideal değerlerine (21 ºC) kırk dakika gibi bir sürede sistemi ulaştırmıştır.
- Nem değerleri test süresince istenilen düzeylerde tutulmuştur.
- Oksijen değerleri başlangıçta %19,9 gibi düşük seviyelerde iken, on beş dakika gibi bir sürede istenilen düzeylere (%21) çıkarılması sağlanmıştır.
- Partükül değerleri başlangıçta 700 ppm düzeylerindedir. Bu değerler ameliyat için çok tehlikeli sayılabilecek değerlerdir. BUS, kırk üç dakika gibi bir sürede, partikül değerlerini 120 ppm değerlerine düşürmeyi başarmıştır. Buda ameliyathane için ideale yakın bir değerdir.
- Klima fan devir değerleri sistem giriş parametrelerine göre anlık değişimler göstermiştir. Başlangıçta istenmeyen seviyelerde olan ortam değerlerine klima 1400 devir/dakika gibi maksimum devir sayısı ile cevap vermiş; sensörlerden alınan veriler uygun değerlere yaklaştıkça 1000 devir/dakika gibi en düşük düzeyde çalışmasını sürdürmüştür.

Kırk üç dakika gibi bir süreçte ameliyathane prorotipi içerisindeki başlangıçtaki kötü ortam değerleri, BUS'ın anlık ve sürekli olarak sistem gereksinimlerine cevap vermesi ile ameliyat için uygun düzeylere gelmiştir (DIN 1946/4), buda oluşturulan sistemin başarısının göstergesidir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bulanık kontrol; günümüzde birçok alanda problem çözmede kullanılan bir sistemdir. Bulanık düşünme özellikle günlük hayatta, sosyal, ekonomik, psikolojik, tıp ve diğer birçok dallarda geçerlidir. Dünyadaki kullanım alanlarına bakıldığında bulanık kontrol sistemleri; uygulandığı alanlarda zaman, enerji, iş gücü ve büyük ekonomik kazançlar sağlanmaktadır.

Bu çalışmada bulanık kontrol sistemi ameliyathane için iklimlendirme (HVAC) sistemlerinde kullanılan bir uygulama yapılmıştır. Gerçekleştirilen sistem geleneksel kontrol yöntemleri ile denetlenen klasik sistemlere göre:

- Ameliyathanenin ortam değerlerini inceleyerek yapılması gereken işlemleri tayin edebildiği,
- Geleneksel kontrol sistemlerindeki gibi ortam sıcaksa soğut gibi düz mantıkla çalışmaz. Birden fazla parametreyi inceleyerek, uzman tarafından belirlenen verilerden de faydalanıp işlem planlayarak hareket edebildiği,
- Farklı klimalar için farklı çalışma prensipleri ortaya koyarak çıkışlar arasında kişiselleştirme yapabildiği,
- Ameliyathanede kirlenen havanın daha düzenli laminar bir akımla boşaltılmasını sağladığı,
- Her 30 sn gibi kısa bir süre aralığı ile kontrol edebilme imkânı sağladığı için daima ameliyathanenin temiz ve istenen şartlara uygun bir şekilde kalmasını sağladığı,
- Ameliyat ekibi ve hastaya daha konforlu bir ortam sağladığı,
- Ameliyathanenin içersinde her an aynı m3 temiz ve istenen ısıda hava kalmasını sağladığı,
- Geleneksel kontrol sistemlerine göre daha hızlı, kararlı ve güvenilir bir kontrol sağladığı görülmektedir.

Bu çalışmada ortam sıcaklığının, nem miktarının ve temiz hava oranının hayati önem taşıdığı ameliyathanelerde sensörler yardımıyla anlık veriler alınarak:

1. Ameliyathanenin soğutulmasında kullanılan klimalar ortamın durumuna göre kontrol edilebilmektedir.
2. Komple bir odayı soğutmaktansa yeteri kadar bir odayı soğuttuğu görülmektedir.
3. Ani ısı değişikliği olmadığından dolayı hasta ve ameliyathane personelinin konforu sağlanmaktadır.
4. Hastada oluşabilecek komplikasyonları önlemeye yardımcı olmaktadır.
5. Yeteri kadar soğutmadan dolayı ekonomik tasarruf sağlanmaktadır.

Bulanık kontrolün PI ve PID sistemlere göre daha hızlı ve güvenilir sonuç verdiği görüldüğünden dolayı bu sistemin ameliyathane klima sistemlerinde de başarılı sonuçlar vereceği hesap edilmiştir. Diğer yapay zekâ sistemleri kullanılarak daha iyi sonuçlar verebileceği de düşünülmektedir.

İleride yapılacak çalışmalarda:

1. Oluşturduğumuz BUS gerçek bir ameliyathane ortamında denenerek prototipteki test sonuçlarıyla karşılaştırılabilir,
2. Sisteme daha farklı sensörler de eklenerek giriş parametreleri arttırılabilir,
3. Grid teknolojisi kullanılarak klimalardan biri arıza yapması ihtimaline karşı klimaların iş paylaşımı sağlanabilir,
4. Ameliyathane klima filtre sistemlerinin geliştirilmesiyle çok daha kaliteli hijyenik hava sağlanarak ortam konforunun çok daha kısa süre içerisinde istenilen düzeye getirilmesi sağlanabilir,

5. Ameliyathanede ikiden daha fazla noktadan sensörlerle veri alınarak ve aynı şekilde farklı noktalardan egzoz çıkışları verilerek verim testleri yapılıp daha ideal noktalara erişilebilir,
6. Kontrol yaklaşımında bulanık kontrol tekniği yanında diğer yapay zekâ tekniklerinden faydalanılarak kendi kendini eğitip geliştiren bir hibrid yapı ortaya çıkarılabilir.

7. KAYNAKLAR

Malpica-Romero, A.D., Assad, G.D., 1994. Fuzzy Environmental Control of Surgical Rooms in Hospitals, page(s): 143-144, The Industrial Fuzzy Control and Intelligent Systems Conference.

Caponetto, R., Fortuna, L., Nunnari, G., Occhipinti, L., 1998. A Fuzzy Approach to Greenhouse Climate Control, vol: 3, page(s): 1866-1870, American Control Conference.

Nachidi, M., Benzaouia, A., Tadeo, F., 2006. Temperature and Humidity Control in Greenhouses Using The Takagi-Sugeno Fuzzy Model, page(s): 2150-2154, 2006 IEEE International Conference.

İstanbullu, A., 1996. Deneysel Amaçlı Esnek Sera Kontrolü, Yüksek lisans Tezi, G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Mobedi, M., 2003. Hastane Klima ve Havalandırma Sistemi, Hastane Klimaları ve Ameliyathanelerde Hijyen Paneli, İstanbul.

Beşer, E., Mobedi, M., Şenol, L., 2001. Hijyenik Klima Santral Kavramı, Sayfa: 327-337, V. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İstanbul.

İsa, K., 2006. Hastahane İklimlendirmesi, http://www.istanbul.edu.tr/yuksekokullar/teknikbilimler/hastane.htm, 10 Ekim 2006.

Şengirgin, M., 2006. Isıtma, Havalandırma ve Klima Sistemlerinde Denetimin Dünü ve Bugünü, http://www20.uludag.edu.tr/~smesut/pdf/HVAC-ttmd.pdf, 13 Kasım 2006.

Tetisan, 2006. Ameliyathane ve Temiz Odalar İçin Hijyenik Paket Klima Santrali HYG-30 Klima Sistemi, http://www.tetisan.com/temsistem.html, 12 Aralık 2006.

Güven, G.O., 2002. Ameliyathanelerde Hijyenik Klima Tesisatı, sayfa: 1-16, VI. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi.

Allahverdi, N., 2006. Bulanık Mantık ve Sistemler, http://farabi.selcuk.edu.tr/egitim/bulanik/ index.html, 30 Aralık 2006.

Zadeh, L.A., June 1965. Fuzzy Sets, Information and Control, 8, 338-353.

Elmas, Ç., 2003. Bulanık Mantık Denetleyicileri, Ankara.

Nguyan, H.T., Walkey E.A., 1996. A First Course in Fuzzy Logic, Chapman and Hall.

Şen, Z., 2001. Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri, Bilge Kültür Sanat, İstanbul.

Haque, A.F., 1994. A Fuzzy Logic Controller For a Splitter In a House Cooling System, Page(s): 321-323, Southeastcon '94. 'Creative Technology Transfer - A Global Affair'., Proceedings of the 1994 IEEE.

Bay, Ö.F., 2007. Bulanık Çıkarım, http://www.akademiyapayzeka.com/uploads/5-B_ Cikarim.pdf, 12 Ocak 2007.

Saritas İ., Taskiran U., Unal Y., 2005. Control of heat of operating room by approach of fuzzy method, vol. 1, pp. 117–121, 4th International Advanced Technology Symposium.