

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**OFİS AYDINLATMA KONTROL SİSTEMLERİNİN
GİRİŞ VERİLERİNİN BULANIK MANTIK İLE
BELİRLENMESİ**

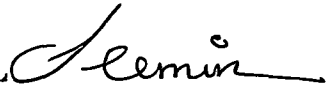
**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elk. Müh. Pınar TÜMER
Enstitü No :504971319**

101467

101467

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11 Haziran 2001
Tezin Savunulduğu Tarih : 28 Haziran 2001**

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Sermin ONAYGİL 

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Mehmet Şener KÜÇÜKDOĞU (İ.T.Ü.) 

Doç.Dr. Serhat ŞEKER (İ.T.Ü.) 

HAZİRAN 2001

ÖNSÖZ

Çalışmalarım sırasında gösterdiği ilgi ve anlayıştan dolayı tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Sermin ONAYGİL'e, bu günlere gelmemde önemli yere sahip olan AİLEME, tezimin hazırlanışı sırasında her türlü desteği ve yardımı esirgemeyen nişanlım Elk. Müh. Ömer HANECİOĞLU'na,

Ayrıca yardımlarından dolayı Arş. Gör. Engin YEŞİL ve iş arkadaşım Elk. Müh. Cenk GÖKSU'ya teşekkür ederim.

HAZİRAN 2001

Pınar TÜMER



İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
2. OFİS AYDINLATMASI	4
2.1 Ofis Aydınlatmasının Amacı	4
2.2 Aydınlatmanın Bileşenleri	4
2.3 Aydınlatma Kriterleri	6
2.3.1 Kontrast duyarlılığı	6
2.3.2 Yansımalar ve ışığın yüzey tarafından emilmesi	8
2.3.3 Düzgünlük	8
2.3.4 Parlaklık dağılımı	9
2.3.5 Kamaşma	10
2.3.5.1 Psikolojik kamaşma	10
2.3.5.2 Fizyolojik kamaşma	21
2.3.5.3 Örtü yansıması ve yansıma kamaşması	21
2.3.6 Gölge	22
2.3.7 Modelleme	22
2.3.8 Pencereleler	22
2.3.9 Işık kaynağı rengi	22
2.4 Ofis Çevrelerinde Aydınlatmanın Etkileri	23
3. OFİS AYDINLATMASI İÇİN STANDARTLAR VE ÖNERİLEN DEĞERLER	28
3.1 Alman Standartları (DIN Normları)	28
3.2 İngiliz Standartı (CIBSE Code)	31
3.3 A.B.D'nin Önerileri (IES)	33
3.4 Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun Önerileri (CIE Guide For Interior Lighting)	35
4. AYDINLATMANIN KİŞİLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ VE KİŞİSEL DEĞERLENDİRMELER	39
4.1 Aydınlatmanın Fizyolojik ve Psikolojik Etkileri	39

4.2 Kişisel Tercihleri Etkileyen Faktörler	40
4.3 Tercih Edilen Aydınlık Düzeyleri	41
5. AYDINLATMA KONTROL SİSTEMLERİ	42
5.1 Kontrol Stratejileri	46
5.1.1 Zamanlama (Scheduling)	46
5.1.1.1 Öngörülebilir zamanlama	46
5.1.1.2 Öngörülemez zamanlama	46
5.1.2 Bölgesel kontrol (Tuning)	46
5.1.3 Bakım altında ışık akısı kontrolü (Lumen maintenance)	47
5.1.4 Puant zaman sınırlandırması (Peak demand limiting)	48
5.1.5 Doğal aydınlatmaya bağlı kontrol	48
5.2 Kontrol Yöntemleri	49
5.2.1 Merkezi veya lokal kontrol	49
5.2.2 Elle veya otomatik kontrol	49
5.3 Bazı Işık Kontrol Elemanları	49
5.3.1 Zaman anahtarları	49
5.3.2 Zamanlayıcılar (Timer)	50
5.3.3 İnsan (Presence) dedektörleri	50
5.3.4 Güneş ışığı dedektörleri	50
5.3.5 Işık algılayıcıları	50
5.3.6 Loşlaştırıcılar (Dimmerler)	52
5.3.7 Çok seviyeli balastlar	54
5.3.8 Bilgisayar kontrolleri	55
5.4 Doğal Aydınlatmaya Bağlı Kontrol	55
5.4.1 Kontrol yöntemleri	56
5.5 Kontrol Algoritmaları	57
5.5.1 Kapalı çevrim kontrol	57
5.5.2 Açık çevrim kontrol	60
6. BULANIK MANTIK	63
6.1 Bulanık Mantık Kavramı	63
6.1.1 Bulanık mantık ile klasik mantığın karşılaştırılması	64
6.2 Bulanık Mantık Kontrolün Üstünlükleri	66
6.2.1 Bulanık mantık kontrolün teorik üstünlükleri	66
6.2.2 Bulanık mantık kontrolün pratik üstünlükleri	66
6.2.3 Bulanık mantık kontrolün sakıncaları	67

6.3 Bulanık Mantığın Uygulama Alanları	67
6.3.1 Bulanık kontrollü çamaşır makineleri	68
6.3.2 Dijital görüntü düzeltme	68
6.3.3 Arabalarda kullanılan bulanık sistemler	69
6.4 Bulanık Küme Kavramı	69
6.5 Bulanık Kümelerle İlgili Temel İşlemler	71
6.6 Bulanık İlişki	72
6.7 Bileşke Bulanık İlişki	73
6.8 Normal Bulanık Küme	73
6.9 Konveks Bulanık Küme	73
6.10 Bulanık Sayılar	74
6.11 Dilsel Değişkenler	74
7. BULANIK MANTIK KONTROLÖRLER	76
7.1 Bulanık Mantık Kontrolörün Temel Yapısı	77
7.1.1 Bulanıklaştırma arabirimi	78
7.1.2 Bilgi tabanı	78
7.1.3 Karar verme birimi	78
7.1.4 Durulama arabirimi	78
7.2 Bulanık Koşullu İfadeler ve Bulanık Kontrol Kuralları	79
7.3 Operatörler	80
7.3.1 Bulanıklaştırma operatörü	80
7.3.2 Cümle birleştirici operatörler	80
7.3.3 Durulaştırma operatörü	80
7.4 Bir BMK'nın Tasarım Parametreleri	81
7.5 Bulanıklaştırma Stratejileri	81
7.6 Bilgi Tabanı	82
7.6.1 Ayrıklaştırma	82
7.6.2 Giriş çıkış uzayları için normalizasyon	84
7.6.3 Giriş çıkış uzaylarının bulanık bölümlenmesi	84
7.6.4 Bütünsellik	85
7.7 Kural Tabanı	85
7.7.1 Bulanık kontrol kurallarının kaynağı ve türetilmesi	86
7.7.2 Bulanık kontrolör kural tipleri	86
7.7.3 Bulanık kontrol kurallarının uygunluğu	87

7.8 Karar Verme Mantığı	88
7.8.1 Bulanık gerçektelemenin tanımlanması	88
7.8.2 Bileşke operatörün tanımlanması	90
7.8.3 Çıkarım mekanizmasının belirlenmesi	91
7.8.3.1 Birinci tip bulanık çıkarsama	91
7.8.3.2 İkinci tip bulanık çıkarsama	92
7.8.3.3 Üçüncü tip bulanık çıkarsama	93
7.8.3.4 Dördüncü tip bulanık çıkarsama	94
7.9 Durulama Stratejisi	95
7.9.1 Maksimum kriteri metodu	95
7.9.2 Maksimumların ortalaması metodu (MOM)	95
7.9.3 Ağırlık merkezi metodu	95
7.10 Enerji Tasarrufu Sağlayan Bulanık Kontrol Uygulaması	96
8. LUXMATE IŞIK KONTROL SİSTEMİ	99
8.1 Luxmate Işık Kontrol Sisteminin Temel Özellikleri	99
8.2 Dijital Teknoloji ve Aydınlatma Kontrolündeki Üstünlükleri	100
8.2.1 Loşlaştırılabilir-dijital elektronik balast (PCA) özellikleri	100
8.2.2 Dijital bus sistemi	102
8.2.3 Dijital bina ağı	102
8.3 Luxmate Sistem Çeşitleri	103
8.3.1 Luxmate basit sistem (Basic system)	103
8.3.2 Luxmate basit uzaktan kumandalı sistem (Basic-IR system)	107
8.3.3 Luxmate günışığına bağlı sistem (Daylight system)	110
8.3.3.1 LSD Işık algılayıcısının yerinin belirlenmesi	113
8.3.3.2 LSD Işık algılayıcısının çalışma prensibi	114
8.3.4 Luxmate profesyonel sistem (Professional system)	119
8.3.4.1 Bus sistemi	120
8.3.4.2 Sistemin tasarlanması	121
8.3.4.3 Adresleme	123
8.3.4.4 Sahneleme	124
8.3.4.5 Maksimum esneklik	125
8.3.4.6 Günışığına-bağlı aydınlatma ve jaluzi kontrolü	125
8.3.4.7 Sıcaklık, ısı ve havalandırma kontrolü	127
8.3.4.8 Ses ve görüntü sistemlerinin kontrolü	128
8.3.4.9 Intranet/Internet yardımı ile haberleşme	129
8.3.4.10 Telefon ile uzaktan kontrol	129
8.3.4.11 Günışığı sistem kapasitesi	130
8.3.4.12 Luxmate Windows yazılımları	131
8.4 Luxmate Işık Kontrol Sisteminin Bir Uygulaması	137
9. LUXMATE KONTROL SİSTEMİ GENEL MODÜL BİLGİLERİ	138
9.1 Kumanda Modülleri	138

9.1.1 LM-2ANAS	138
9.1.2 LM-DSI	139
9.1.3 LM-2DSI	140
9.1.4 LM-3DSI	141
9.1.5 LM-IR2DSI	141
9.1.6 LM-PD	142
9.1.7 LM-PAD	143
9.1.8 LM-RUKS	143
9.1.9 LM-2JSM	144
9.1.10 LM-2JSMX	145
9.1.11 LM-2LSM	146
9.1.12 LM-TLS	146
9.1.13 LM-K2H	147
9.2 Fonksiyon Modülleri	148
9.2.1 LM-ZSQ	148
9.2.2 LM-ZSM	148
9.3 Bus Sistem Modülleri	149
9.3.1 LM-BVS35	149
9.3.2 LM-BV	150
9.3.3 LM-BK	150
9.4 Kontrol Üniteleri	151
9.4.1 LM-CG	151
9.4.2 LM-EG	152
9.4.3 LM-BG	153
9.4.4 LM-SG	154
9.4.5 LM-IRS	155
9.4.6 LM-SDE	155
9.4.7 LM-SCE	156
9.4.8 LM-SWE	157
9.4.9 LM-RV	157
9.5 Algılayıcılar	158
9.5.1 LM-IREN/IREL	158
9.5.2 LM-IRB	159
9.5.3 LM-TLM	159
9.5.4 LM-LSD	160
9.6 Otomasyon Modülleri	161
9.6.1 LM-SI03	161
9.6.2 LM-PCSI	161
9.6.3 LM-TLR	162
10 DOĞAL AYDINLATMAYA BAĞLI IŞIK KONTROL SİSTEMLERİNDE KİŞİSEL TERCİHLERİN BULANIK MANTIK (FUZZY LOGIC) YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ	163
10.1 Deney Düzeneği	164

10.2 Deney Yöntemi	167
10.3 Deney Verilerinin Değerlendirilmesi	168
10.3.1 Verilerin düzenlenmesi	168
10.3.2 Verilerin bulanık mantık yöntemi ile değerlendirilmesi	169
10.3.3 Bulanık mantık yöntemi kullanılarak tasarlanılan sistemden elde edilen sonuçlar	173
11. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	175
KAYNAKLAR	178
EK-A	181
EK-B	189
EK-C	200
ÖZGEÇMİŞ	209



OFİS AYDINLATMA KONTROL SİSTEMLERİNİN GİRİŞ VERİLERİNİN BULANIK MANTIK İLE BELİRLENMESİ

ÖZET

Ofis aydınlatmasının temel amacı, görme koşullarını iyileştirerek ve konforlu görsel bir çevre yaratarak, iş verimini ve iş hacmini arttırmaktır. Ofislerde tüketilen elektrik enerjisinin büyük bir kısmı aydınlatma amaçlı harcanmaktadır. Gün boyu yapay aydınlatmanın kullanıldığı ofis aydınlatmasının diğer bir amacı da tüketilen elektrik enerjisini minimum yaparak işletme masraflarını azaltmaktır. Yani, minimum enerji kullanımı ile çalışanlardan maksimum verimin alınabileceği optimum bir çözüm bulunmalıdır. Bunun için de ofis aydınlatması için gereken kriterlerden hiçbir ödün verilmeden en ekonomik aydınlatma sistemi gerçekleştirilmelidir.

Günümüzde kullanılan doğal aydınlatmaya bağlı ışık kontrol sistemlerinde önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Ancak çalışanların kişisel ihtiyaçlarının sağlanması açısından, bu sistemler fazla verimli değildir. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda; aynı doğal aydınlık düzeylerinde, kişilerin ofis içerisinde tercih ettikleri aydınlık düzeyi değerlerinin farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Bu yüzden kişisel tercihlere cevap verecek otomatik aydınlatma kontrol sistemlerinin tasarlanması düşünülmelidir. Böyle bir sistemin kullanılması, hem enerji tasarrufu sağlanmasına, hem de iş veriminin artmasına sebep olacaktır. Kişisel tercihlere cevap verebilecek sistemlerin gelişmesi ise ancak tercihlerin önceden tahmin edilebilmesi ile mümkündür.

Bu çalışmada, ofis çalışanlarının yapay aydınlık düzeyi tercihlerinin “bulanık mantık sistemi” ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kişilerin yapay aydınlık düzeyi tercihlerini belirlemek amacıyla, İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi’nde TÜBİTAK ve İ.T.Ü. Rektörlüğü desteği ile yürütülen “Ofislerde Kontrol Düzenekleriyle Çalışma Konforu ve Enerji Tasarrufunun Sağlanması” adlı proje kapsamında kurulan, LUXMATE aydınlatma kontrol sistemli bir deney ofisi dikkate alınmıştır. Burada yapılan deneysel çalışmaların sonucunda elde edilen değerler, bulanık mantık sisteminin tasarlanmasında kullanılmıştır.

Yapılan incelemeler sonucunda, yapay aydınlık düzeyi tercihlerinin, oda içerisindeki doğal aydınlık düzeyi ve kişilerin yaşına bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Doğal aydınlık düzeyi arttıkça, ihtiyaç duyulan yapay aydınlık düzeyi azalmaktadır. Kişilerin ortalama 800-900 lux’lük bir ofis aydınlık düzeyini tercih ettikleri ve yaş arttıkça ihtiyaç duyulan yapay aydınlık düzeyinin de arttığı anlaşılmıştır. Girişleri oda içerisindeki doğal aydınlık düzeyi ve yaş olan bulanık mantık sistemi ile çalışanların tercih edecekleri yapay aydınlık düzeylerinin, kabul edilebilir hata sınırları içinde tahmin edilebileceği görülmüştür.

THE DETERMINATION OF INPUT DATA FOR THE OFFICE LIGHTING CONTROL SYSTEMS BY USING FUZZY LOGIC

SUMMARY

The main purpose of the office lighting is increasing efficiency and volume of the job by creating comfort visual environment and making visual conditions better. Big amount of the energy used in the offices is for lighting. So, another purpose of the office lighting in where the artificial lighting is used in the whole day, is decreasing the operating costs by using the minimum energy. That means, the optimum solution has to be found as minimum energy usage while getting maximum efficiency from the office staff. For this reason the most economic lighting system should be realized without abandoning the criterias for office lighting.

The lighting control systems due to daylight save energy. But they are not so much productive for obtaining personnel requirements of the office personnel. The experiments show, at the same daylight level, the illuminance level preferred by office personnel may differ. That's why, it suppose to design, the automatic lighting systems which can answer the personal preferences. Usage of such systems, both save energy and increase productivity. But these systems are only possible by estimating individual preferences before.

In this study, it is aimed to estimate the artificial illuminance level preferences by using fuzzy logic. For determination of the individual preferences of the workers, the project of "Increasing The Working Comfort and Saving Energy By Lighting Control Mechanism" which is supported by I.T.U. Presidency and TUBITAK is taken into considiration in a test office which exists in I.T.U. Electric-Electronic Faculty equipped with "LUXMATE" lighting control system. The data taken from this test office are used for determining fuzzy logic system.

As a result of this study, it is considered that the artificial illuminance level changes according to the daylight level and the age of the staff. Whenever the daylight lighting level increase, the needed artificial lighting level decrease. It's seen that 800-900 lux illuminance level is preferred in an office area, and as the people get older the needed artificial illuminance level increases.

This research shows that it is possible to estimate the preffered artificial illuminance level in acceptable error limits by using fuzzy logic system with the inputs of daylight illuminance level in the office and the age of the staff.

1. GİRİŞ

Ofislerde tüketilen enerjinin büyük bir kısmı aydınlatma amaçlı kullanılmaktadır. Günümüzde yaşanan enerji krizi de dikkate alınacak olursa, enerji tasarrufu sağlayan aydınlatma kontrol sistemlerinin önemi daha iyi anlaşılmaktadır. Bu kontrol sistemleri ile yaklaşık %75'lere varan enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Ofislerdeki aydınlatma, kişilerin maksimum verimle çalışmalarını sağlayacak en ekonomik şekilde tasarlanmalıdır. İlk çıkış amacı sadece enerji tasarrufu olan otomatik aydınlatma kontrol sistemlerinin yalnız tasarruf amacıyla tesis edilmeleri durumunda, kişiler üzerinde olumsuz etkiler yaratarak çalışanları rahatsız ettiği, çalışma konforunu azaltarak verimi düşürdüğü görülmüştür. İyi bir aydınlatma için minimum enerji kullanımı ile çalışanlardan maksimum verim alınabileceği optimum bir çözüm bulunmalıdır. Oysa insanların fizyolojik ihtiyaçları yaş, cinsiyet, sağlık ve kültür durumlarına, psikolojik durumları ise mevsime, saate ve kişisel pek çok faktöre bağlı olarak kişiden kişiye büyük değişiklikler göstermektedir. Birçok faktöre bağlı olarak değişen kişisel aydınlatma tercihlerinin önceden tahmin edilebilmesi durumunda, çalışanların isteklerine uygun, konforlu çalışma ortamları yaratılarak, otomatik aydınlatma kontrol sistemleri ile elde edilecek faydaların maksimum olması sağlanabilecektir.

Bu çalışmada, insanların çalışma ortamlarında isteyebilecekleri aydınlık düzeyi değerlerinin bulanık mantık yöntemi ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, çalışma aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir.

İkinci bölümde, ofis aydınlatmasının amacı, çalışmada geçen temel kavram ve tanımlar kısaca açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde, çeşitli ülkelerin bu konudaki standartları incelenmiştir. Yapılan bu incelemeden, standartların birbirlerinden bazı alanlarda farklı oldukları görülmüştür.

Dördüncü bölümde ise, aydınlatmanın kişiler üzerindeki etkileri ve kişilerin aydınlık düzeyi tercihlerini belirlemek amacıyla yapılmış deneysel çalışmalar incelenmiştir. Yapılan bu literatür incelemesinden, kişisel tercihlerin birçok faktöre bağlı olduğu ve bu tercihlerin birbirlerinden farklılıklar gösterdiği görülmüştür. Bu çalışmaların

sonuçlarına göre, insanların çalışma masası üzerinde istedikleri aydınlık düzeyi değerleri 400 lux ile 3000 lux arasında değişebilmektedir. Yine bu çalışmalardan, ofislerde kullanılacak otomatik kontrol sistemlerinin, kişisel isteklere cevap verebilecek esneklikte olmasının çalışma verimini arttırıcı yönde büyük yararlar getirebileceği anlaşılmaktadır.

Beşinci bölümde ise, aydınlatmada kullanılan otomatik kontrol sistemleri ve kontrol algoritmaları kısaca tanıtarak, bunların kullanılması halinde sağlanabilecek enerji tasarrufu belirtilmiştir.

Günümüzde uygulanmakta olan otomatik aydınlatma kontrol sistemlerinde sadece enerji tasarrufu kavramı dikkate alınarak, ortamda yaratılan aydınlık düzeyinin önceden belirlenen bir değerde sabit kalması sağlanmaktadır. Ancak ofis içinde istenilen aydınlık düzeyi kişilere göre farklılıklar göstermektedir. Kullanılmakta olan ışık kontrol sistemlerinde kişisel tercihler dikkate alınmamaktadır. Fizyolojik ve psikolojik bir çok faktöre bağlı olarak değişen aydınlatma tercihlerini dikkate alarak kontrol yapabilen sistemler gerçekleştirildiğinde, çalışanların arzu ettiği kadar bir aydınlatma sağlanarak hem gereksiz enerji tüketimi ortadan kaldırılabilir, hem de kişilerin iş verimi arttırılarak optimum çözüme ulaşılabilecektir. Böyle bir sistemin gerçekleştirilebilmesi, kişisel tercihlerin önceden tahmin edilebilmesini gerektirmektedir. Bu amaç için, özellikle otomasyon sistemlerinde geniş uygulama alanları bulan bulanık mantık sisteminin kullanılabileceği düşünülmüş ve çalışma bu yönde geliştirilmiştir. Herhangi bir matematiksel modele ihtiyaç duymaksızın, uzman tecrübesi ve algılayıcılardan alınan verilere göre tasarlanan bulanık mantık sisteminin temel kavramları altıncı bölümde kısaca anlatılmıştır.

Yedinci bölümde, bulanık mantık kontrolörlerin yapısı ve bunlarla gerçekleştirilen kontrol sistemleri incelenmiştir.

Bu çalışmada kullanılan bulanık mantık sistem verileri, İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi'nde TÜBİTAK ve İ.T.Ü. Rektörlüğü desteği ile yürütülen "Ofislerde Kontrol Düzenekleriyle Çalışma Konforu ve Enerji Tasarrufunun Sağlanması" adlı proje kapsamında kurulan, LUXMATE aydınlatma kontrol sistemli bir deney ofisinde gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilmiştir. Sekizinci bölümde, LUXMATE aydınlatma kontrol sisteminin özellikleri incelenmiş, uygulama şekilleri açıklanmış ve sistem hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

Dokuzuncu bölümde ise, LUXMATE aydınlatma kontrol sisteminde kullanılan modüller hakkında bilgi verilmiş, bunların kullanım amaçları ve kullanım şekilleri açıklanmıştır.

Onuncu bölümde, sözkonusu projeden elde edilen deney verileri incelenmiştir. Burada, bulanık mantık yöntemi kullanılarak, kişisel aydınlık düzeyi tercihlerinin tahmin edilip edilemeyeceği araştırılmıştır. Deneyler sırasında, oda içerisinde farklı noktalarda bulunan ışık algılayıcıları ile aydınlık düzeyi değerleri her beş dakikada bir ve Siemens WIN-PM Scada programı ile güç değerleri dakikalık periyotlarda ölçülmüştür. Aydınlatma sisteminin şebekeden çektiği güce bağlı olarak, ofis içerisindeki yapay aydınlık düzeyleri hesaplanmıştır. Algılayıcılardan elde edilen veriler değerlendirilerek, toplam aydınlık düzeyi ile yapay aydınlık düzeyi arasındaki farktan oda içerisine giren doğal aydınlık düzeyi değerleri hesaplanmıştır. Çalışma masası üzerindeki bu doğal aydınlık düzeyi ve kişilerin yaşı, bulanık mantık sistemi giriş büyüklükleri olarak düşünülmüştür.

Kişiler ofis içerisinde ikişer günlük deneylere tabi tutulmuşlardır. Birinci gün, doğal aydınlatmaya bağlı kontrol sistemi, ikinci gün ise kişilerin aydınlatmayı kendilerinin ayarladığı sistem kullanılmıştır. Kişilerin ofis içerisindeki çalışma saatleri aralığında düzenlenen veriler, kullanıcıların farklı günışığı değerlerinde birbirlerinden farklı aydınlık düzeylerine ihtiyaç duyduklarını göstermiştir.

Oda içerisindeki doğal aydınlık düzeyi ve kişilerin yaşı giriş büyüklüğü olan bulanık mantık sistemi tasarlanarak, ofis içerisinde istenilen yapay aydınlık düzeyi değerleri bulunmuştur. Deneylerden elde edilen yapay aydınlık düzeyi değeri ile bulanık mantık sistemi ile belirlenen değerler arasında, iyi bir yaklaşıklık olduğu görülmüştür. Bulanık mantık sistemi ile; doğal aydınlık düzeyi arttıkça, kişilerin ihtiyaç duydukları yapay aydınlık düzeyi değerlerinin, yaşa da bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir. Çalışmamızda 23-56 yaş arasındaki kişiler deneye tabi tutulmuşlardır. Sistem değerlendirmelerinden çıkan sonuca göre; yaş arttıkça, istenilen aydınlık düzeyi değerlerinin de arttığı görülmüştür.

Yapılan bu çalışmanın sonuçlarından, bulanık mantık kullanılarak kişisel tercihlerin doğal aydınlık düzeyi ve yaşa bağlı olarak oldukça doğru tahmin edilebileceği anlaşılmıştır. Böyle bir sistemin kullanılması ile çalışma verimini arttıran bir aydınlatmanın sağlanabileceği görülmüştür. Onbirinci bölümde, tez çalışmasından çıkan bu sonuçlara değinilmiştir.

2. OFİS AYDINLATMASI

2.1 Ofis Aydınlatmasının Amacı

Ofisler, içinde bulunan insanların uzun süre bir arada çalıştıkları, okuma-yazma, bilgisayar kullanma gibi çeşitli görsel işlevleri gerçekleştirdikleri mekanlardır. Ofislerdeki aydınlatma, insanların yüksek performansta çalışmalarını sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır [1].

Ofis aydınlatmasının temel amacı, görme koşullarını iyileştirecek ve konforlu görsel çevre yaratacak bir çalışma ortamı oluşturarak, iş verimini ve iş hacmini arttırmaktır. Aydınlatmanın görsel etkisi tüm ofis çevresinin en temel öneme sahip olanıdır. Ofislerde tüketilen elektrik enerjisinin büyük bir kısmı aydınlatma için harcanmaktadır. Bu yüzden ofis aydınlatmasının diğer bir amacı da tüketilen elektrik enerjisini minimum yaparak işletme masraflarını azaltmaktır. Yani, minimum enerji kullanımı ile çalışanlardan maksimum verimin alınabileceği optimum bir çözüm bulunmalıdır. Bunun için de ofis aydınlatması için gereken kriterlerden hiçbir ödün verilmeden en ekonomik aydınlatma sistemi gerçekleştirilmelidir [1,2].

Kısacası, günümüzde aydınlatmadan beklenenler, sadece etrafımızdaki cisimlerin seçilebilmesinin çok ötesinde, fizyolojik bakımdan yeterli ve hızlı görmeyi sağlaması gibi, psikolojik bakımdan da huzur vermesi, sıcak bir atmosfer sağlaması, konfor ihtiyacını tatmin etmesi ve ekonomik olmasıdır [3].

2.2 Aydınlatmanın Bileşenleri

Ofis aydınlatması için gereken kriterlere geçmeden önce, bu bölümde bahsedilecek olan aydınlatma büyüklüklerini ve tanımlarını vermemiz faydalı olacaktır.

Işık akısı: Bir ışık kaynağının ışık akısı, bu ışık kaynağından çıkan ve normal gözün görmesine ait spektral duyarlık eğrisine göre değerlendirilen enerji akısı olarak tanımlanır.

$$\phi = K_0 \cdot F \cdot V_\lambda \quad (2.1)$$

Burada F enerji akısını, K_0 da enerji akısının $V_{555}=1$ için (ışıksal) fotometrik eş değerini gösterir. $\lambda_0=555$ nm için $V_{555}=1$ ve $K_0=682 \text{ lm/W}$ 'dır.

Işık şiddeti: Noktasal ışık kaynakları için tanımlanan, doğrultuya bağlı bir büyüklüktür. Işık şiddetinin birimi "candela"dır.

Noktasal bir ışık kaynağının herhangi bir α doğrultusundaki ışık şiddeti, bu doğrultuyu içine alan bir $\Delta\Omega_\alpha$ uzay açısından çıkan $\Delta\phi$ ışık akısının $\Delta\Omega_\alpha$ uzay açısına bölümü ile ilgilidir. Eğer ortamın yutması yoksa $\Delta\phi/\Delta\Omega_\alpha$ 'ya ortalama ışık şiddeti denir. $\Delta\Omega_\alpha$ sıfıra yaklaşırken bu oranın limiti de I_α ışık şiddetini tanımlar.

$$I_\alpha = \lim_{\Delta\Omega_\alpha \rightarrow 0} \frac{\Delta\phi}{\Delta\Omega_\alpha} = \frac{d\phi}{d\Omega_\alpha} \quad (2.2)$$

Aydınlık düzeyi: Bir yüzeyin bir M noktasındaki ortalama aydınlık düzeyi bu noktayı içine alan bir ΔS yüzeyine düşen $\Delta\phi$ ışık akısının ΔS yüzeyine bölümüne eşittir. $\Delta\phi/\Delta S$ oranının limiti, bu noktadaki aydınlık düzeyini verir.

$$E = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta\phi}{\Delta S} = \frac{d\phi}{dS} \quad (2.3)$$

ϕ lümen ve S metrekare cinsinden alınırsa, E aydınlık düzeyinin birimi lux olarak elde edilir.

ϕ ışık akısı ile S yüzeyinin aydınlatılması, herşeyden önce bu yüzeye düşen ışık akısı yoğunluğuna bağlıdır. Fakat gerçekte bir yüzeyin aydınlık etkisi için aydınlık düzeyinden başka yüzeyin yansıtma durumu da rol oynamaktadır.

Işık akısı, ışık şiddeti ve aydınlık düzeyi görülmeyen büyüklüklerdir [4].

Anma (nominal) aydınlık düzeyi: Bir hacimde, normal işletme durumunda, yerden 0.8m yükseklikteki çalışma düzleminde (sirkülasyon alanlarında zeminden en fazla 0.2m yükseklikte) sağlanması istenen ortalama aydınlık düzeyidir.

Silindirik aydınlık düzeyi: Bir noktadaki silindirik aydınlık düzeyi (E_s), o noktayı içine aldığı düşünülen küçük bir silindirin yan yüzeyindeki düşey aydınlık düzeylerinin ortalaması olarak tanımlanır.

Küresel aydınlık düzeyi: Bir noktadaki küresel aydınlık düzeyi, bu noktayı içine aldığı varsayılan çok küçük bir küre yüzeyindeki ortalama aydınlık düzeyi olarak tanımlanır.

Aydınlatma vektörü: Bir noktadaki aydınlatma vektörünün büyüklüğü, karşılıklı iki yüzeyindeki aydınlık düzeylerinin farkı maksimum olacak şekilde bu noktaya yerleştirildiği varsayılan düzlemin her iki yüzeyindeki aydınlık düzeylerinin farkı ile tanımlanır. Aydınlatma vektörünün yönü ise aydınlık düzeyinin büyük olduğu yüzeyden aydınlık düzeyinin küçük olduğu yöne doğrudur [2].

Parıltı: Işık yayan bir yüzeyin bir M noktasının bu yüzeyin normali ile α açısı yapan doğrultudaki parıltısı, M noktasını içine alan ΔS yüzey elemanının bu doğrultuda oluşturduğu ΔI_α ışık şiddetinin ΔS 'in bu doğrultuya dik düzlemdeki ΔS_n görünen alanına oranının limitidir. Parıltı

$$L = \lim_{\Delta S_n \rightarrow 0} \frac{\Delta I_\alpha}{\Delta S_n} = \frac{dI_\alpha}{dS_n} \quad (2.4)$$

denklemini ile tanımlanır. Parıltı doğrultuya bağlı bir büyüklüktür [4].

Keskinlik: Gözün iki noktayı birbirinden ayrı olarak ancak fark edebildiği açının tersine keskinlik veya şekil duyarlılığı denir. Birimi 1/dakika'dır [2].

2.3 Aydınlatma Kriterleri

2.3.1 Kontrast duyarlılığı

Göz cisimleri aydınlık-karanlık farkları, şekilleri, hareketleri ve renkleriyle ayırt etme yeteneğine sahiptir. Gözün cisimleri aydınlık-karanlık farkları ile ayırt etme yeteneğine "kontrast duyarlılığı" denir.

Bir cismin fon parıltısı L ve bu cisme ait herhangi bir detayın parıltısı L_d ise

$$L - L_d = \Delta L \quad (2.5)$$

İfadesine mutlak parıltı farkı veya mutlak kontrast denir.

Bağıl parıltı farkı veya bağıl kontrast ise

$$\frac{\Delta L}{L} \quad (2.6)$$

ifadesi ile tanımlanır.[4]

Bağıl parlıltı farkı aydınlık düzeyine bağılı değildir. Parlıltılar cismin aydınlık düzeyi ile doğru orantılı değıştığından bağıl parlıltı farkının değıeri belirli bir fon ve detay için sabit kalır. Fakat aydınlık düzeyinin artması ile gözün parlıltı farkına karşı duyarlığı artar. Gözün ancak fark edebildiğı parlıltı farkı ΔL_e 'nin (mutlak parlıltı farkı eğığı) fon parlıltısına oranı olan bağıl parlıltı farkı eğığı ($\Delta L_e/L$) değıeri küçölür. Buna karşılık bağıl parlıltı farkı eğığinin tersi olan kontrast duyarlığının değıeri büyür. Kontrast duyarlığı,

$$K = \frac{L}{\Delta L_e} \quad (2.7)$$

denklemlle tanımlanır [2].

Aydınlık farklılıkları görünebilme için gereklidir. Bir kağıda yazılmış yazılar, beyaz sayfa ve siyah yazı arasındaki aydınlık farkından dolayı görülebilir. Eğer arka planın düşük yansıması söz konusu ise görülebilirlik azalabilir. Benzer olarak, iç mekanlar aydınlık farklılıklarından dolayı görülebilir ve yorumlanabilir. Fark olmazsa (hepsi beyaz olan bir iç mekan gibi) konfigürasyonu yorumlamak zor olur ve bazı insanlar bunu rahatsız edici veya zihin karıştııcı bulabilirler. Diğer taraftan ise, oluşabilecek büyük bir aydınlık farkı kamaşmaya sebep olabilir. Bu iki aşınılığı doğa ile örneklendirelim.

Bulutlarla kaplı bir gökyüzünün altındaki kar örtüsü çok az bir aydınlık farkına sahiptir ve mat bir görünüm verir. Su üzerindeki günışığı yansımaları, geniş aydınlık farkları sağlar ve ışıdamalar yapar. Bunlar kamaşmaya sebep olarak görme eksikliğini oluştururlar.

Ofis aydınlatmasında önemli olan, kamaşmaya sebep olmadan iyi bir görünürlük sağlamaktır. Diğer taraftan da, etkileyici bir çalışma ortamı sağlamak için yeterli aydınlığı veya renk çeşitliliğini sağlamak da bir o kadar önemlidir.

Detayın ve fonun yansıtma faktörleri kontrast değıerini etkilediğinden, gerekli aydınlık düzeyinin belirlenmesinde yüzey yansıtma faktörleri de göz önüne alınmalıdır [1].

2.3.2 Yansımalar ve ışığın yüzey tarafından emilmesi

Aydınlık ve parlaklığın algılanması yüzey yansımalarına bağlıdır. Bir yüzey üzerindeki bağıl aydınlık, yansıtılan ışığın yansıtılma yüzdesinin katı olarak verilir. Bu düşünce ofis aydınlatmasında önemli bir yer tutar. Örneğin %80 yansıtma oranına sahip bir beyaz kağıda okumak için, 1'e 1/3 oranının tutturulması düşüncesiyle, kağıdın üzerinde durduğu çalışma masasının yansıtma katsayısı oranının en az %27 olması gerekir. Benzer şekilde çalışma yerleri ve daha uzak karanlık yerlerin aydınlık oranlarında yüzey yansımaları da etkili olmaktadır.

Yansımanın derecesi de düşünölmek zorundadır. Aşırı parlak yüzeyler, yansımanın yüksek derecelere ulaşacağı bir ayna vazifesi görürler. Böylece armatürden gelen ışık, bazı yüzeylerde yansımış kamaşma oluşturur. Bu nedenle parlak çalışma düzlemlerinden kaçınılmalıdır.

Eğer parlak yüzeylerin kullanılması zorunlu ise, genel aydınlatmanın sağlanabilmesi için indirekt aydınlatma armatürleri kullanılabilir.

Ek olarak, çalışma yerlerini aydınlatan lokal aydınlatma ile, çalışma yerinin bir veya iki tarafından yapılan bir aydınlatma ile genel aydınlatmaya destek verilebilir. Lokal aydınlatma ile, aydınlatılan yerin sadece çalışma yeri olmasından dolayı, istenmeyen yansımalar engellenir [1].

2.3.3 Düzgünlük

Aydınlatmanın niteliği sadece aydınlık düzeyinin uygun seçilmesiyle sağlanamaz. Ayrıca aydınlatmanın yer ve zaman bakımından da düzgün olması istenir.

Yer bakımından düzgünlük: Referans alınan düzlem üzerindeki minimum aydınlık düzeyinin (E_{min}), bu düzlem üzerindeki ortalama aydınlık düzeyine (E_{ort}) oranına "yer bakımından düzgünlük" adı verilir. Bu, denklem 2.8'de tanımlanmıştır [5].

$$U = \frac{E_{min}}{E_{ort}} \quad (2.8)$$

Bir ofisin iş görölen yerleri ile görüş alanı içinde bulunan diğer yerleri arasında aydınlatma açısından bir denge kurulmalıdır. Görüş alanı içindeki aydınlık oranları, iki ayrı etki ile kendini gösterir.

a) Geçici adaptasyon: Göz bir aydınlık seviyesinden farklı bir aydınlık seviyesine geçtiğinde, en iyi görmeyi yapabilmesi için, gözbebeği büyüüp küçülerek fotokimyasal bir olay ile kendini yeni ortama adapte eder. Bu kısa sürede tanımlanan bileşik etki geçici adaptasyon adını alır. Eğer bu iki ortam arasındaki fark büyükse, gözün kendini adapte edebilme süresi uzar.

b) Kamaşma: Göze direkt gelen bir aşırı ışık, kamaşmaya sebep olabilir. Bu, gözün retinasında görme eksikliğine neden olur.

Geçici adaptasyonun ve kamaşmanın etkilerini azaltmak için, aydınlık oranları aşağıdaki sınırların dışına çıkmamalıdır.

Çalışılan yerin aydınlık düzeyi ile yakın çevresi: 1'e 1/3

Çalışılan yerin aydınlık düzeyi ile uzak karanlık yerler: 1'e 1/10

Çalışılan yerin aydınlık düzeyi ile uzak aydınlık yerler: 1'e 10

Bir iç mekanın baştan başa bu oranlarla aydınlatılması pratik ve estetik değildir. Bir ofis alanında göz kaslarnın gün boyunca adaptasyonla yorulmasını önlemek için, tavsiye edilen bu aydınlık oranlarının dışına bazı yerlerde çıkmak daha mantıklı olabilir. Ayrıca, bazı nesnelere vurgu olması amacı ile dikkati çeken aydınlatma adı altında özel bir aydınlatma yapılabilir (resim aydınlatması vb.) [1].

Zaman bakımından düzgünlük: Işıktaki meydana gelen titreşimlerin gözde rahatsız edici bir etki yapmaması için, aydınlatmanın zaman bakımından dalgalanmaları yeterince yavaş veya hızlı olmalıdır. Işığın titremesi çok sakıncalıdır ve uzunca bir süre devam ederse, dayanılmaz bir hal alır. Işıktaki meydana gelen titreşimler stroboskopik olaylara (hareket ve hız yanılgılarına) neden olurlar. Bu yüzden ışık titremeleri kesinlikle önlenmelidir. Üç fazlı gerilimle beslenen binalarda aynı armatür içinde bulunan floresan lambaları ayrı ayrı fazlardan besleyerek, bir fazlı gerilimle beslenen binalarda ise dekalörlü balastlar veya elektronik balastlar kullanarak bu titreşimler büyük ölçüde önenebilir [5].

2.3.4 Parıltı dağılımı

Bir cisim veya işi çevreleyen alan içindeki yüzeylerin parıltılarının görme işlemi üzerinde büyük etkisi vardır. Bakış alanı içerisindeki aşırı parıltılar kamaşmaya yol açarak görsel konforu, aşırı parıltı farkları ise adaptasyon problemleri yaratarak görme yeteneğini olumsuz yönde etkiler. Görme işleminin rahat bir şekilde

gerçekleşebilmesi için, L_c çevre parlıtısının, L_i iş üzerindeki parlıtıya oranı 0.4 ile 2.5 arasında olmalıdır.

Yüzey yansıtma faktörlerinin uygun seçilmesi ile istenilen parlıtı dağılımını elde etmek mümkündür. Parlıtı kontrastının az olduğu durumlarda, renk kontrastı oluşturarak görme yeteneğini arttırmak mümkündür [5].

2.3.5 Kamaşma

Görme alanındaki aşırı parlıtı farklarının oluşturduğu duruma “kamaşma” denir. Kamaşma görsel yetersizliğe ve konforsuzluğa yol açarak, çalışanların verimliliğini azaltır, morallerini bozar, baş ağrısı ve görme bozukluklarına sebep olur. Bu sakıncaları ortadan kaldırmak için kamaşmanın sınırlandırılması gereklidir. Armatürler ve pencerelerin direkt görünümüleri ya da bir yüzey üzerindeki yansımaları en önemli kamaşma kaynaklarıdır [5].

Kamaşma parlıtısı, çevre parlıtısına bağlıdır. Çevrenin parlıtısı yüksek ise, kamaşma parlıtısı da yüksek olur. Kuvvetli kamaşma gözü yorar, gözün görme yeteneğini azaltır, dolayısıyla aydınlık düzeyi düşükmüş gibi etki eder [4].

Görme alanı içindeki yüksek parlıtlı ışık kaynaklarının (armatür, pencere) meydana getirdiği kamaşmaya “direkt kamaşma”, parlak yüzeylerde oluşan yansımış görüntülerin yol açtığı kamaşmaya ise “örtü yansıması” veya “yansıma kamaşması” adı verilir. Kamaşma kişiler üzerinde meydana getirdiği etkiye göre “psikolojik kamaşma” ve “fizyolojik kamaşma” olmak üzere ikiye ayrılır.

2.3.5.1 Psikolojik kamaşma

Görme alanı içinde bulunan yüksek parlıtlı cisimler, kişilerde görsel konforsuzluğa yol açabilir. Konforsuzluğun derecesi, kamaşma kaynağının parlıtısına ve boyutuna, görme alanının ortalama parlıtısına, bakış doğrultusu ile kamaşma kaynağı arasındaki açıya ve yapılan işin cinsine bağlıdır.

Psikolojik kamaşmayı ortadan kaldırmak için alınması gereken önlemler şunlardır:

a) Işık geçirgenliği düşük camlar veya gölgelikler kullanılarak yüksek pencere parlıtları azaltılmalıdır.

b) Direkt aydınlatma armatürlerinin parıltıları düşük olmalı, endirekt aydınlatma armatürleri ise tavanda özellikle armatür üstünde yüksek parıltılar oluşturmamalıdır.

c) Bakış doğrultusu ile kamaşma kaynağı arasındaki açı mümkün olduğunca büyük olacak şekilde bir yerleşim yapılmalıdır.

d) Kamaşmayı oluşturan kaynağın alanı küçültülmelidir.

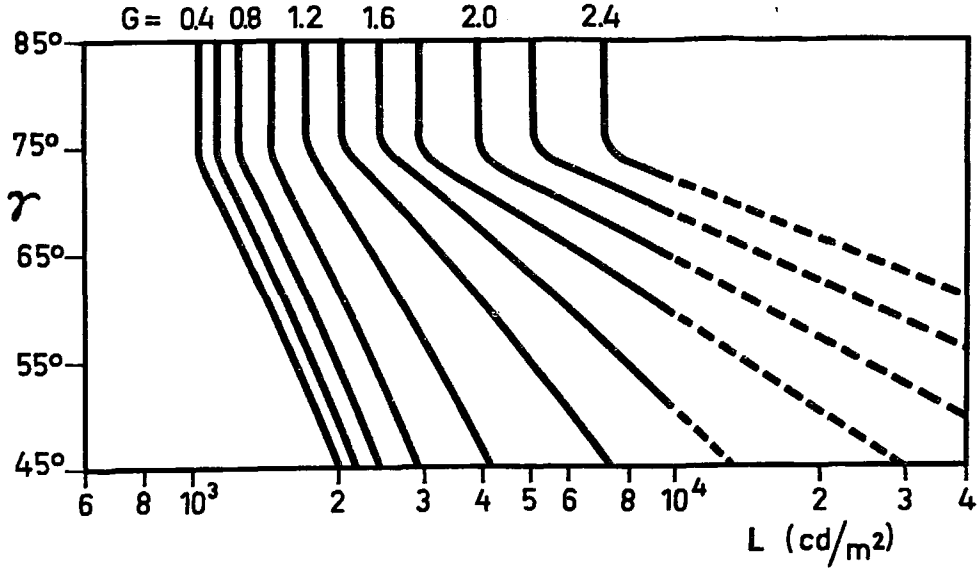
e) Bakış alanı içindeki parıltı oranları küçük olmalıdır [5].

Psikolojik kamaşmanın değerlendirilmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden bazıları aşağıda açıklanmıştır.

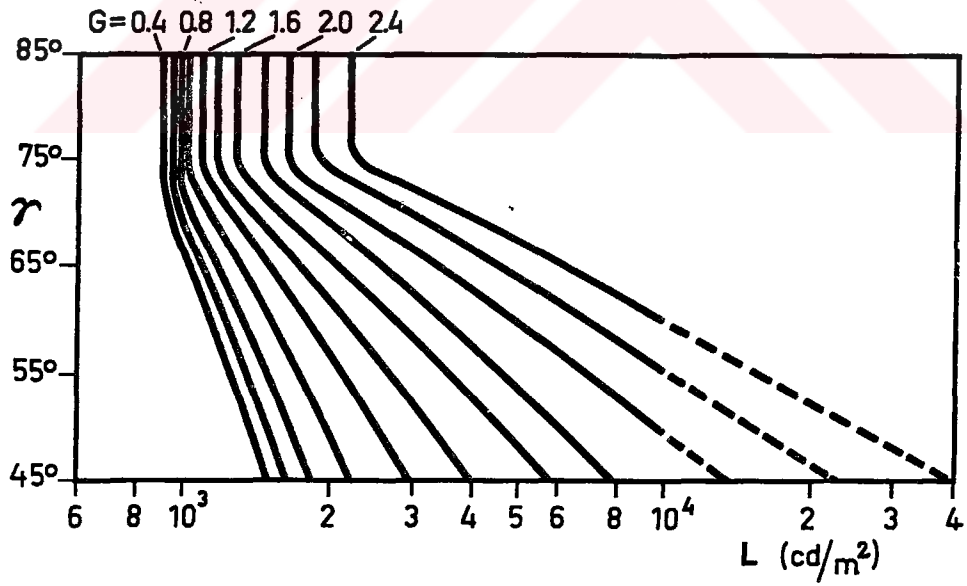
Söllner kamaşma değerlendirme sistemi : Avrupa'da kullanılan kamaşma sınırlandırma metodu, detayları başka bir yerde basılmış olan "Söllner Sistemi" nden alınmıştır. Bu sistemin yardımı ile aydınlatma tesisatında oluşan kamaşmanın derecesi, oda içerisinde sağlanan ortalama aydınlık düzeyi ve armatürlerin parıltıları ile belirlenir.

Orijinalinde polar koordinatlarda gösterildiği halde burada parıltı için logaritmik skala kullanılarak kartezyen koordinatlarda gösterilen ana diyagramları verilmiştir.

Şekil 2.1 ve Şekil 2.2'de, γ görüş açısı ile ilgili olarak, en alttan 45° 'den 85° 'ye kadar farklı kamaşma oranları değeri G'ler için, 1000 lx'lük aydınlatma değerinde ve $b \geq 4h$ olduğu durumdaki farklı tip armatürlerin parıltı değerleri verilmiştir. Burada b oda genişliği, h ise oda yüksekliğidir.



Şekil 2.1 1000 lux'lük aydınlık düzeyinde değişik kamaşma oranları (G) için γ açısının fonksiyonu olarak, aydınlık yanlı olmayan armatürlerin parlıtır sınır değerleri.



Şekil 2.2 1000 lux'lük aydınlık düzeyinde değişik kamaşma oranları (G) için γ açısının fonksiyonu olarak, aydınlık yanlı uzunlamasına armatürlerin parlıtır sınır değerleri.

Parlıt sınırları, sadece 45°'nin üstündeki normal görüş açılarındaki değlerde düşünölmelidir (Şekil 2.3). Parlıt değlerlerinden gözlemlenmesi gerekli değlerin üst sınırına karşı düşen görüş açısı γ_{max} ,

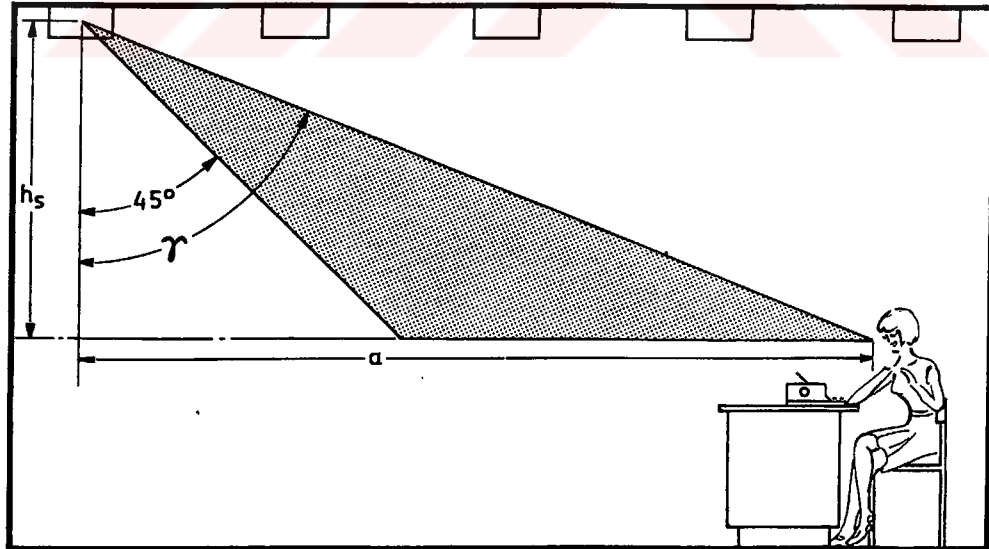
$$\tan \gamma_{max} = \frac{a_{max}}{h_s} \quad (2.9)$$

olarak ifade edilir. Burada a_{max} armatör ile gözlemci arasındaki maksimum mesafe, h_s göz seviyesi ile armatör arasındaki dikey uzaklık olarak ifade edilmiştir.

Kamaşma oranı değleri (G) aşağıdaki gibi değlendirilmektedir.

- 0: Kamaşma yok
- 2: Fark edilebilir kamaşma
- 4: Hoşa gitmeyen kamaşma
- 6: Aşırı yoğunlukta kamaşma

Tek sayılar bu değler arasındadır.



Şekil 2.3 Armatörün ışık veren yüzeyi ile 45° açı yapan doğru ve gözü en uzak noktadaki armatör ile birleştiren doğru arasında kalan alan.

Şekil 2.1'deki eğri, yan yüzeylerinden ışık vermeyen ve aydınlık yanlı uzunlamasına armatürlerin uzun kenarlarına paralel olarak gözlemlenmesi durumunda kullanılmalıdır. Şekil 2.2'deki eğri ise, aydınlık yanlı uzunlamasına olan armatürlerin, uzun kenarlarından doğru açı ile gözlemlendiği durumlarda geçerlidir.

Bu diyagramlar ortalama 1000 lux aydınlık düzeyindeki ortamlar için geçerlidir. Aydınlık seviyesinin daha yüksek olduğu değerlerde, kamaşma oranına göre eğri yükselecek, düşük değerlerde ise kamaşma oranı G ile E aydınlık düzeyinin logaritması arasındaki lineer bağıntıya göre azalacaktır.

$$\Delta G = \frac{16 \log E}{1000} \quad (2.10)$$

Bu denklem, aydınlık düzeyinin 300–2500 değerleri arasında olumlu sonuç verir. Bahsedilen değerlendirme sistemi, tavan yansıtma katsayısının en az 0.5, duvar yansıtma katsayısının en az 0.25 olması durumunda geçerli olur ve armatürün ışık yayan yüzeyinin ortalama parlıtısına uygulanabilir. Eğer çıplak floresanlar gibi ekranlanmamış armatürler mevcut ise, bu durumda sadece lambaların ortalama parlıtısının düşünülmesi gereklidir [6].

Görsel konfor olasılığı (Visual Comfort Probability VCP) : Amerika Birleşik Devletleri, Kanada ve Meksika'da kullanılan yöntemdir. Bu sistemde psikolojik kamaşma, aydınlatmayı kamaşma açısından konforlu bulan insanların yüzdesi ile belirlenir. VCP hesap sistemi görüş alanı içindeki armatür sayısını, armatürün aydınlatma doğrultusunu, genişlik ve yerleşimini ve oda boyutları ile yansımaları da hesaba katar [1,5].

VCP hesap sistemi ile, belirli bir yerden özel bir yatay doğrultuda bakıldığı düşünülerek, olası kabul edilebilir kamaşmayı önceden belirlemek mümkündür. Özel bir çevrede direkt aydınlatma sistemlerinin mukayesesi için değerli bir araçtır. Ofis aydınlatma sistemlerinin VCP'sinin 70 veya daha fazla olması istenir. Çünkü ofislerde kullanılan dijital gösterge cihazlarının (Visual Display Terminals) kullanımı, görsel bir iş yapıldığında yaklaşık yatay görüş içerir. VDTs 'lerin kullanıldığı yerde aydınlatma sisteminin VCP'sinin 80 veya daha fazla olması tavsiye edilir [1].

CIE geçici kamaşma değerlendirme sistemi : Bu değerlendirme metodu, çeşitli iç aydınlatma durumlarında oluşan istenmeyen kamaşmaların oluşmasının önlenmesi için CIE tarafından basit bir çözüm olarak önerilmiştir.

CIE sistemi 2 kuralı içermektedir. Birinci kural, armatürlerden dikey aşağıya doğru 55°, 65°, 75° ve 85°'lik açılardaki aydınlık seviyelerinin sınırlandırılmasını özelleştirmektedir. Bu kural aşağıda belirtilen bütün armatür tiplerine uygulanır.

a)Uzunluğunun genişliğine oranı 2:1'den daha büyük olan armatürler (yatay monte edilmiş floresan armatürler gibi) ve bunların dışında kalan armatürlerin hepsi.

b)Yan yüzeylerinden ışık veren ve karanlık yanlı armatürler. Burada son söylenen, girintili armatürleri ve yüksekliği 0.03m'den az olan projeksiyon alanlı armatürleri içermektedir.

Psikolojik kamaşma bu yöntemde kalite sınıfı ile değerlendirilir. CIE tarafından belirlenen A, B ve D kalite sınıfları ele alınmaktadır. Bu kalite sınıflarının yerine 1, 2 ve 3 rakamsal değerleri kullanılmaktadır. 1. sınıf kalite değeri, aydınlatma standardının en yüksek olması öngörülen yerlerde gözlemlenmelidir. 2. sınıf kalite değeri ise, basit iş ortamlarının olduğu ofis çevreleri gibi minimum standarda gereksinim duyan yerlerde tercih edilmelidir. 3. sınıf kalite değeri, endüstriyel çevrelerdeki minimum standardı belirler.

Tablo 2.1 Çıplak lambalı armatürler için parlantı sınır değerleri (cd/m²)

UYGULANABİLİRLİK	C DÜZLEMİ	γ	KALİTE SINIFI I		KALİTE SINIFI II		KALİTE SINIFI III	
			Aydınlık Düzeyi Değeri		Aydınlık Düzeyi Değeri		Aydınlık Düzeyi Değeri	
			≥ 750 lux	≤ 500 lux	≥ 750 lux	≤ 500 lux	≥ 750 lux	≤ 500 lux
Uzatılmış Armatürler C ₉₀ düzleminde: EGER ODA BOYUTU P: >5h: γ'nin 55°, 65°, 75° 85° limitleri uygulanabilir >2h≤5h: γ'nin sadece 55°, 65° ve 75° limitleri uygulanabilir ≤ 2h: γ'nin sadece 55°ve 65° limitleri uygulanabilir		85° 75° 65° 55°	Tüm Çeşitler	Tüm Çeşitler	Tüm Çeşitler	Tüm Çeşitler	Tüm Çeşitler	Tüm Çeşitler
			1600	2200	2200	3300	5300	9400
			1600	2200	2200	3300	5300	9400
			2300	3800	3800	7200	15000	38000
			3400	6800	6800	16000	45000	-
Tüm Armatürler C ₀ düzleminde : EGER ODA BOYUTU Q: >5h: γ'nin 55°, 65°, 75° 85° limitleri uygulanabilir >2h≤5h: γ'nin sadece 55°, 65° ve 75° limitleri uygulanabilir ≤ 2h: γ'nin sadece 55°ve 65° limitleri uygulanabilir		85° 75° 65° 55°	ARMATÜRLER	ARMATÜRLER	ARMATÜRLER	ARMATÜRLER	ARMATÜRLER	ARMATÜRLER
			Aydınlık Karanlık Yanlı	Aydınlık Karanlık Yanlı	Aydınlık Karanlık Yanlı	Aydınlık Karanlık Yanlı	Aydınlık Karanlık Yanlı	Aydınlık Karanlık Yanlı
			1100	1200	1200	1500	1900	2400
			1100	1200	1200	1500	1900	2400
			1500	1900	1900	2800	4300	7100
			2000	3100	3100	5200	10000	20000

Uzatılmış Armatürler için :

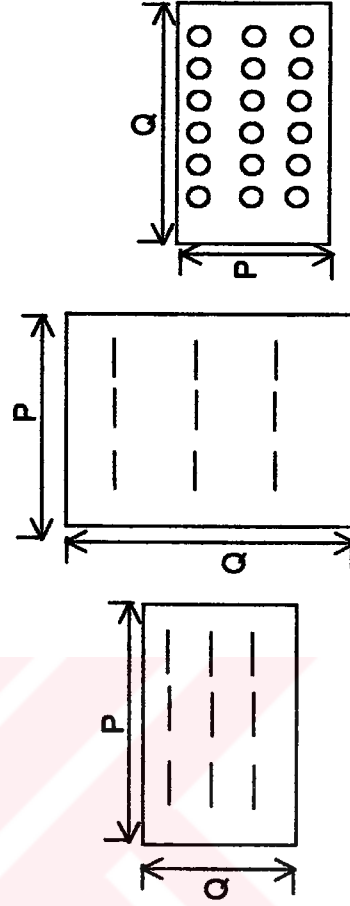
"P" armatürün uzun kenarına paralel oda uzunluğu

"Q" armatürün uzun kenarına dik oda uzunluğu

Diğer Armatürler için :

"Q" odanın uzun boyu

Ayakta duran bir insan için göz seviyesi 1.5m'dir.



Tablo 2.1, her kalite sınıfı için iki aydınlık açısı aralığının sınırını verir. Bunlar 750 lux veya daha fazla ve 500 lux veya daha küçüğü olarak belirlenir. Bu iki aydınlık düzeyi arası enterpolasyon ile bulunur.

İkinci kural, açık yüzeyli armatürlere ekranlama açısının uygulanmasına ilişkin bilgileri içerir. Bu tip armatürler ayrıca birinci kurala da uymak zorundadırlar.

Tablo 2.2 Armatürlerin ekranlama açıları

MONTAJ ÇEŞİTİ	LAMBANIN PARILTISI (cd/m ² x 10 ³)					
	≤ 20	20 - 500			> 500	
Ofis, okul & görme işinin çok zor olduğu endüstriyel tesislerin iç mekanları	C0 ve C90 düzleminde 30°	Eğer lamba başına ışık akısı >3000 lumen ise alt tarafı açık armatürlerin kullanılması tavsiye edilmemektedir.				
Genel endüstriyel iç mekanlar	C0 düzleminde 15°	Lamba Işık Akısı	Yer Seviyesinden Montaj Yüksekliği			
			> 10 m	5 – 10 m	< 5 m	Herhangi
		<30000	20°	30°	30° *	40° *
		≥30000	20°	30° *	40° *	
Depolar, pasajlar v.b. (günlük görme işinin olduğu durumlar)	0° **	20°				

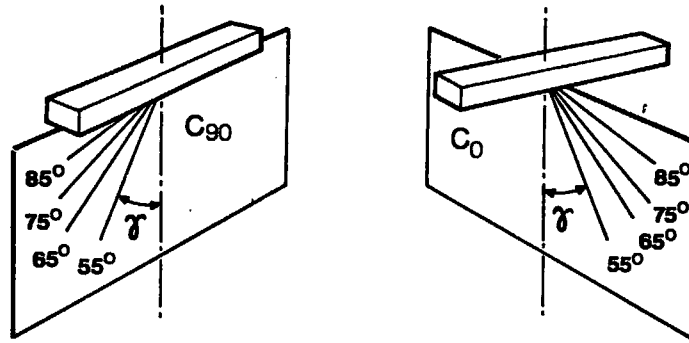
* Bu durumlarda, düşük yansıtımlı reflektörlere sahip armatürler kullanılmalıdır.

** Eğer lambalar yakın çalışma alanından görülebiliyorsa, koruyucu kılıf açılarının diğer alanı ayırdığı kabul edilmelidir.

Ekranlama açısının değeri, lambanın en alt noktasından paralel geçtiği kabul edilen eksen ile, armatürün alt uç (köşe) noktasından geçtiği düşünülen eksen arasındaki açıdır.

Aydınlık ölçümü: Bir armatürün meydana getirdiği aydınlık düzeyi, aydınlatıldığı alanı kolay anlaşılır parçalara bölerek hesaplanır. Şekil 2.4'de gösterilen açıların her birinde (55°, 65°, 75° ve 85°) ölçüm yapılmalıdır.

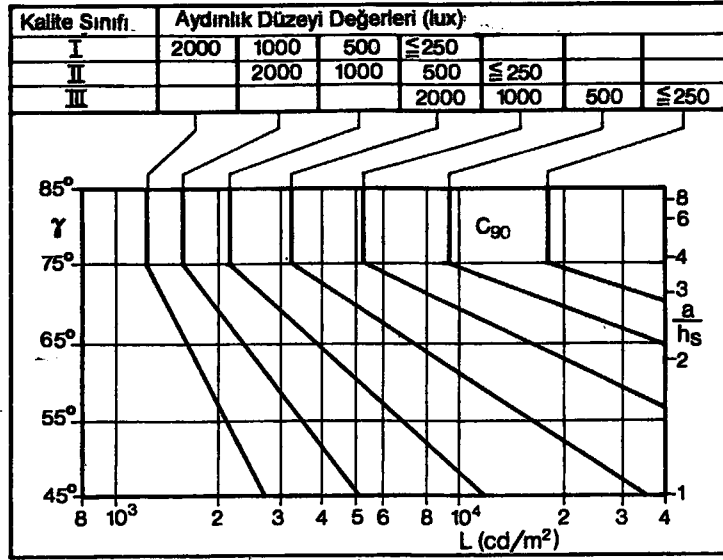
Ayrı ölçümler C₀ ve C₉₀ yüzeylerinde yapılmalı ve ölçümlerde çıkabilecek farklı değerler ayrı ayrı kaydedilmeli, asla ortalamaları alınmamalıdır.



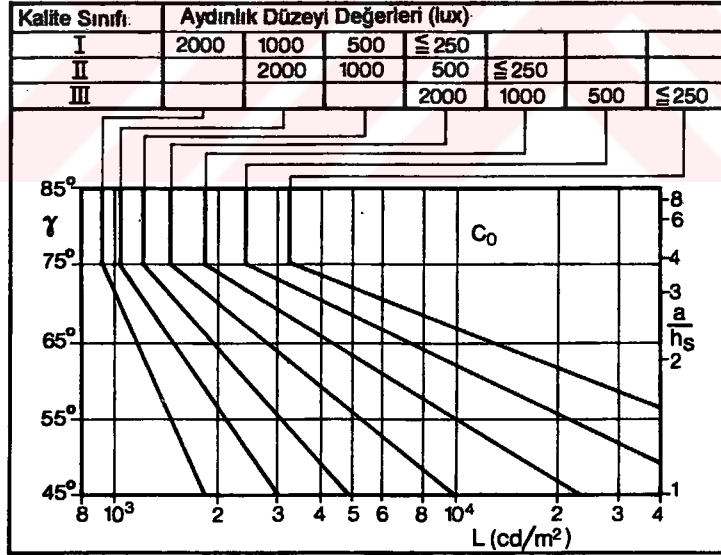
Şekil 2.4 Armatürlerin aydınlık düzeylerinin ölçülmesi gerektiği yön ve düzlemler

Kuralların bu basitleştirilmiş hali sadece sıradan genel aydınlatma sistemine uygulanabilir. Tavan, duvar ve zemin yansıtma katsayıları sırası ile 0.7, 0.5 ve 0.2 ve alt ve üst uzaya yaydıkları ışık akısı yüzdeleri, yan yüzeyleri açık armatürler için 25/75, yan yüzeyleri kapalı armatürler için de 0/100 olarak kabul edilebilir. Eğer kullanılan armatürler, ışığın büyük çoğunluğunu yukarıya doğru yansıtıyorsa, gizlenilen ışık kaynakları aydınlatmaya katkıda bulunuyorsa veya daha yüksek yüzey yansıtıcılıkları varsa, bu durumda kamaşma az olabilir. Eğer oda yansıtma katsayıları daha düşükse kamaşma derecesi daha büyük olabilir.

Çeşitli Avrupa ülkelerinde kullanılan kamaşma değerlendirme sistemi: Bazı Avrupa ülkeleri CIE metodunun bir versiyonunu kullanırlar. Bu sistemde iki aydınlık düzeyi değeri yerine dört tane ve tablolar yerine diyagramlar bulunmaktadır.



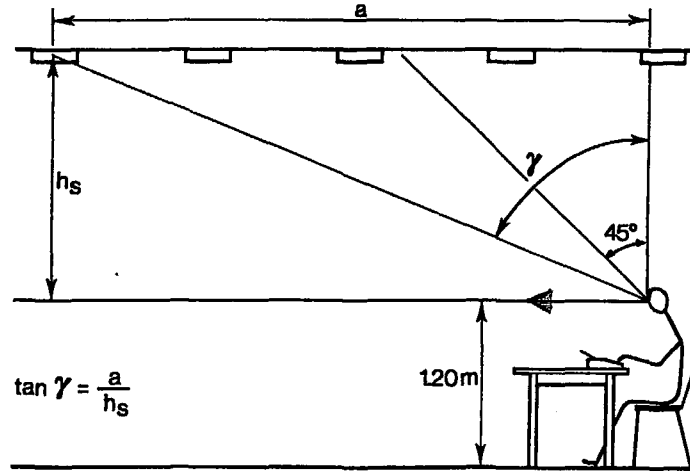
Şekil 2.5 Bakış doğrultusuna paralel yerleştirilmiş ve yan yüzeylerinden ışık vermeyen armatürler için CIE'nin parlaklık sınır eğrileri



Şekil 2.6 Bakış doğrultusuna dik yerleştirilmiş ve yan yüzeylerinden ışık veren armatürler için CIE'nin parlaklık sınır eğrileri

Aydınlık düzeyi diyagramları: Bazı Avrupa ülkeleri tarafından öne sürülen bu diyagramlar, Tablo 2.1'de bahsedilen aydınlık düzeyi sınırlarının bir başka yöntemle gösterilmesidir.

Kalite sınıfları aynı olmakla beraber, her kalite sınıfı için sırasıyla verilen iki aydınlık düzeyi sınır aralığı eğrileri, hem 500 lux hem de 1000 lux eğrileri için bahsedilen değerler, Tablo 2.1’de verilen değerler ile çakışmaktadır.



Şekil 2.7 Armatürün parlaklığının gözleendiği ışık veren yüzeyi

Tablo 2.3 Almanya’da kullanılması önerilen ekranlama açıları

KULLANIM ALANI	LAMBANIN PARILTISI (cd/m ²)		
	≤ 2	2 - 50	> 50
Ofis, okul & görme işinin çok zor olduğu endüstriyel tesislerin iç mekanları	10°	20°	30°
Genel endüstriyel iç mekanlar	> 5 m	15°	25°
	≤ 5 m		
	0°		
Depolar, pasajlar v.b. (günlük görme işinin olduğu durumlar)	-	5°	15°

Bu yeni sistem kullanılırken şunlara dikkat edilmelidir :

- Sistem sadece iç çalışma mekanları için uygun görülmüştür.

- Sistem tavana düzenli bir şekilde monte edilen armatürlerin varlığını kabul eder
- Sistem oda yansıtma katsayılarının orta seviyede olması durumunda geçerlidir (tavan yansıtıcılığı min 0.5 ve duvar yansıtıcılığı min 0.3 olmalıdır) [7].

2.3.5.2 Fizyolojik kamaşma

Görme alanı içindeki yüksek parlıtlı bir yüzeyden göze gelen ışık, retinada saçılarak burada örtü parlıtısı oluşturur. Retinada meydana gelen örtü parlıtısı bakılan cismin kontrastının azalmasına yol açarak görülebilirliğini azaltır. Fizyolojik kamaşma daha çok dış aydınlatmada meydana gelir. İç aydınlatmada ise, az aydınlatılmış iç hacimlerde pencere gibi büyük parlıtlı ışık kaynakları fizyolojik kamaşma yaratabilir. İç aydınlatmada psikolojik kamaşmanın önlenmesi ile genellikle fizyolojik kamaşma da önlenmiş olur [2].

2.3.5.3 Örtü yansıması ve yansıma kamaşması

Yapılan görsel iş ile işin arka planı arasındaki kontrast, görünürlüğü etkilemektedir. Kontrastın derecesi, yapılan işin parlaklığına, ışık kaynağının yakın çevresine, işe ve gözlerin durumuna bağlıdır. Eğer çalışılan görsel iş üzerinde armatürlerin bir yansıması görülüyorsa detaylar parlak olarak algılanacak, bu da kontrastın azalmasına ve görünürüğün zayıflamasına sebep olacaktır. Bu etki “örtü yansıması” olarak adlandırılır.

Yansımanın çalışılan görsel iş üzerinde değil de, başka bir yüzey üzerinde oluşmasına “yansıma kamaşması” denir. Direkt kamaşma kadar rahatsız edici olabilir. Genellikle yansıma kamaşmasının sebepleri arasında, bilgisayar ekranlarından, parlak tahta veya cam kaplı çalışma masası gibi yüzeylerden yansıyan ışık gösterilebilir.

Bir aydınlatma sisteminde kamaşmaya ve örtü yansımasına sebep olan, dolayısıyla kontrastın azalmasına yol açan armatürün bulunduğu bölgeye “kusurlu bölge” adı verilir. Ofis aydınlatma sistemlerinde armatürler kusurlu bölgeyi önleyecek şekilde yerleştirilmelidir [1].

Örtü yansıması ve yansıma kamaşmasını azaltmak için şu önlemler alınmalıdır [2]:

- Armatür ve çalışma alanları uygun yerleştirilmeli,

- Mat yüzeyler kullanılmalı,
- Büyük yüzeyli ve düşük parlıtlı armatürler kullanılmalı,
- İş üzerine yanlardan düşen ışık miktarı artırılmalıdır.

2.3.6 Gölge

Işık kaynağı ile aydınlatılan yüzey arasında bir veya birkaç engel bulunuyorsa, o zaman aydınlatılan yüzeyde gölgeler meydana gelir. Yapılan görsel iş üzerine düşen gölgeler aydınlık düzeyinin azalmasına sebep olurlar [1,4].

Cisimlerin canlı görünüşleri, büyük ölçüde gölge ile sağlanır. Bu yüzden ofis aydınlatmasının tamamen gölgesiz olması istenmez. Çalışma alanlarında 0.2 ile 0.8 arasında bir gölge faktörü olmalıdır [4].

2.3.7 Modelleme

Bir cismin yapısının ve üç boyutlu şeklinin gölgeler yardımıyla ortaya çıkarılmasına “modelleme” denir. İyi bir modelleme ile hacmin yapısı, içindeki insan ve cisimler daha net ortaya çıkarılarak genel görüntüsü daha güzel hale getirilebilir. Aydınlatma ne rahatsız edici keskin gölgeler oluşturacak kadar yönlü, ne de cisimlerin üç boyutlu görüntüsünü yok edecek kadar yayınlık olmalıdır [2].

2.3.8 Pencereler

Pencereler genelde kamaşmaya sebep olacak kadar fazla ve değişken aydınlık düzeylerine sahiptir. Tavana monte edilmiş armatürlere göre daha fazla kamaşmaya sebep olurlar. Pencerelerde kullanılacak bir gölgelikle, içeriye giren günışığını kontrol altında tutmak mümkündür. Bu olumsuz etkilerinin yanında pencerelerin pek çok olumlu etkisi mevcuttur. İnsanların dışarı ile bağlantısını sağlayarak çalışanlar üzerinde olumlu psikolojik etkilere sebep olurlar. Günışığının hacme girmesini sağlayan pencereler gündüz çalışılan hacimlerde ışık kaynağı olarak değerlendirilebilir. Otomatik aydınlatma sistemlerinin gelişmesi ile hacimlerde günışığından faydalanılması önemli enerji tasarrufu sağlamaktadır [1].

2.3.9 Işık kaynağı rengi

Işık kaynaklarının renk özellikleri, renk sıcaklığı ve renksel geriverim endeksi ile tanımlanır. Renk sıcaklığı Kelvin (K) cinsinden ifade edilir ve kaynağın ışık rengini

belirtir. Işık kaynakları ışık rengi bakımından sıcak, ılık ve soğuk renkli ışık kaynakları olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Renk sıcaklıklarına göre ışık kaynaklarının ışık renkleri Tablo 2.4’de verilmiştir.

Tablo 2.4 Işık kaynaklarının Kelvin cinsinden renk sıcaklıklarına göre ışık renkleri

Renk Sıcaklığı	Işık Rengi
$T < 3300 \text{ K}$	sıcak
$3300 \text{ K} \leq T \leq 5300 \text{ K}$	ılık
$T > 5300 \text{ K}$	soğuk

Işık kaynaklarının renk sıcaklıkları aydınlık düzeyi ile uyumlu seçilmelidir. Mavi renkli ışık kaynakları düşük aydınlık düzeylerinde soğuk ve sıkıntılı bir etki yaparlar. Bu yüzden soğuk renkli ışık kaynakları sadece yüksek aydınlık düzeyi olan yerlerde kullanılmalıdır. Yapay aydınlatma, doğal aydınlatma ile beraber kullanılıyorsa ılık renkler tercih edilmelidir.

Işık kaynaklarının aydınlattıkları cisimlerin renklerini ayırt ettirme özelliklerine renksel “geriverim endeksi (R_a)” adı verilir. R_a ’nın teorik olarak en büyük değeri 100’ dür. CIE renksel geriverim endeksini dört grupta toplamaktadır. Bunlar Tablo 2.5’de gösterilmiştir. Lambaların renksel geriverim endeksi ile etkinlik faktörleri birbiriyle ters orantılıdır [2,4].

Tablo 2.5 CIE’ nin ışık kaynaklarının renksel geriverim endeksi ve sınıfları

Sınıf	Renksel Geriverim Endeksi
1A	$R_a \geq 90$
1B	$80 \leq R_a < 90$
2	$60 \leq R_a < 80$
3	$40 \leq R_a < 60$
4	$20 \leq R_a < 40$

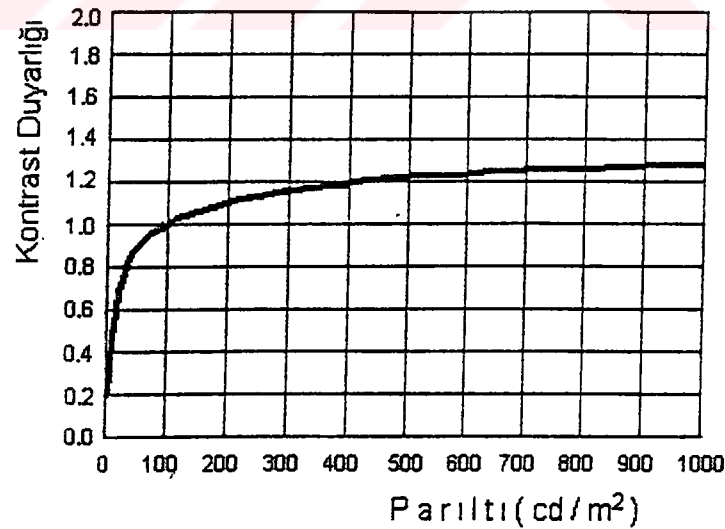
2.4 Ofis Çevrelerinde Aydınlatmanın Etkileri

İyi bir aydınlatma, ofisin görünümünü, içindeki insanların kendilerini nasıl hissettiklerini ve ne kadar üretken olduklarını etkilemekle beraber, sağlıklı görme

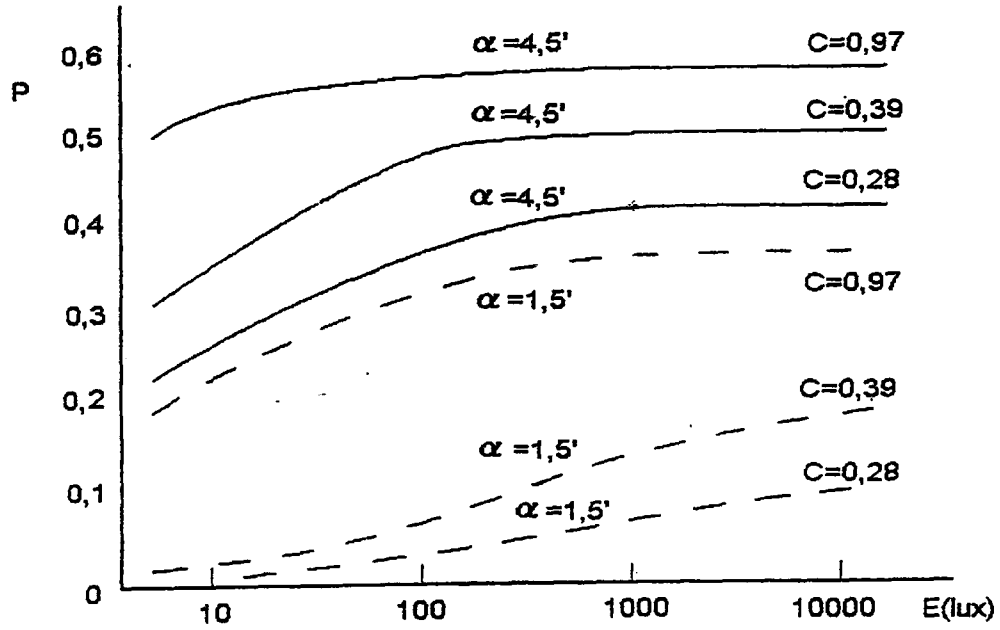
koşullarını da sağlamalıdır. Aydınlatılan çevrede estetik değerlerin sağlanmasının yanında, iyi bir görme için ihtiyaç duyulan ışık miktarı ve kalitesi diye açıklanabilir fiziksel değerlerin de sağlanması gerekir. Bir ofis aydınlatmasından beklenen, mekan içinde doğru aydınlık düzeyinin oluşturulmasıdır. Aydınlık düzeyi belirlenirken, parlı ve kontrast, işin boyutları, işin yapılma süresi, çalışanların yaşları, bakış doğrultuları göz önüne alınmalıdır [1].

Parlı ve kontrast: Bir detayın görülebilmesi için detayla fon arasında bir parlı farkının olması gerekir. Parlı, cismin aydınlık düzeyi ve yüzey yansıtma katsayısı ile doğru orantılı değiştiğinden, belirli bir fon ve detay için bağıl kontrastın değeri, aydınlık düzeyine bağılı olarak değişmez. Gözün kontrast duyarlılığı ise aydınlık düzeyine bağılı olarak değişir. Şekil 2.8'de kontrast duyarlılığının parlıya bağılı olarak değişimi gösterilmiştir. Ayrıca detayın ve fonun yansıtma katsayıları kontrast değerini etkilediğinden, gerekli aydınlık düzeyinin belirlenmesinde yüzey yansıtma katsayıları da göz önüne alınmalıdır.

İşin boyutları:Yapılan işin boyutları küçüldükçe görme yeteneği azalır. Görme yeteneğinin yükseltilmesi için aydınlık düzeyinin artırılması gerekir. Şekil 2.9'da görme yeteneğinin aydınlık düzeyi, cismin büyüklüğü ve bağıl kontrasta bağılı olarak değişimi gösterilmektedir [2].



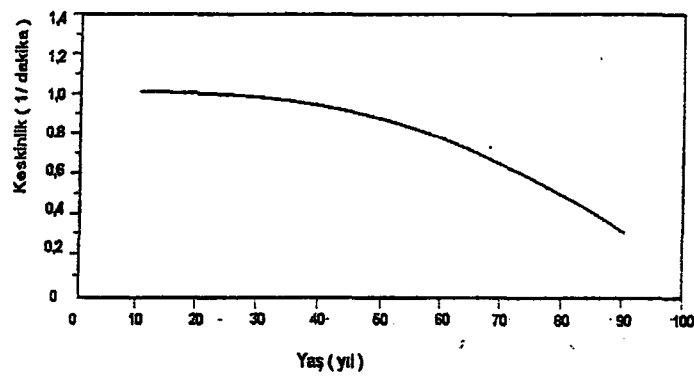
Şekil 2.8 Kontrast duyarlılığının fon parlısına göre değişimi



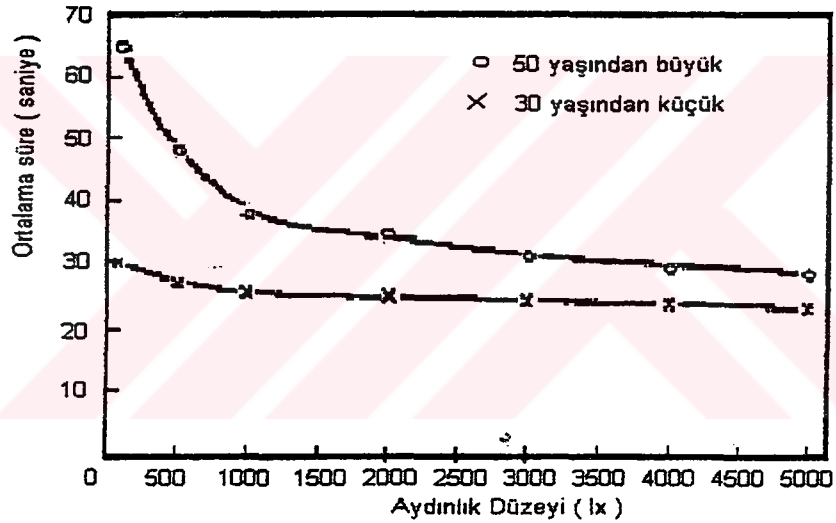
Şekil 2.9 Görme yeteneğinin (p), aydınlık düzeyi (E), boyut (α , açı cinsinden) ve kontrasta (C) bağlı olarak değişimi

Zaman: Gözün bir detayı fark etmesi zamana bağlıdır. Eğer bakılan cismin boyutu küçük, kontrast veya parlıtısı düşük ise gözün algılama süresi ve dolayısıyla çalışma süresi artar. Zayıf görme neticesinde algılama güçleştiği için dikkat de azalacaktır. Sonuç olarak; büyüklük, kontrast ve yapılan iş üzerindeki aydınlık düzeyi anlama ve algılama süresini etkiler [1].

Kişilerin yaşı: Eşit bir görme için, yaşlı gözler gençlere nazaran daha fazla aydınlık düzeyine ihtiyaç duyarlar. Çünkü 25 yaşından sonra, gözbebeğinin ışık geçirgenliğinin ve elastikiyetinin zayıflaması nedeniyle görme yeteneğinde azalma olur. Şekil 2.10'da yaşa bağlı olarak keskinliğin değişimi, Şekil 2.11'de 30 yaşından küçük ve 50 yaşından büyük insanlar için, işin gerçekleştirilme süresi ile aydınlık düzeyi arasındaki ilişki gösterilmiştir [8,9].



Şekil 2.10 Yaş ile keskinlik arasındaki ilişki



Şekil 2.11 Işın gerçekleştirilme süresi ile aydınlık düzeyi arasındaki ilişki (Yaş <30 ve > 50 için)

Işık kaynağının rengi: Ofislerde soğuk veya sıcak beyaz renkli ışık kaynağının seçimi kişilere bağlıdır. Yapılan araştırmalar, sıcak beyazın düşük aydınlık düzeyinde, soğuk beyazın ise yüksek aydınlık düzeyinde tercih edildiğini ortaya çıkarmıştır.

Işık kaynağının renk özelliğinden başka, renksel geriverimi de ayrı bir önem taşımaktadır. Geniş bir aralıkta ışık yayan, soğuk beyaz veya sıcak beyaz ışıklı floresan lambalar ve metal halide lambaların renksel geriverimleri yüksektir.

Cisimler, renk grafikleri ve sanat eserleri, rengi tabi haliyle geri veren ışığın altında daha iyi görünürler [10].

Aydınlatma, akustik ve mekanik sistemler: Aydınlatma sistemleri, akustik, tavan ve bazı mekanik ve elektrik sistemleri ile entegre edilmelidir. Armatürler arasında düzenli bir mesafenin bulunduğu bir genel aydınlatma sisteminde, tavanın yapısı itibarıyla, armatürlerin yerleşimi uygun olmalıdır. Genellikle armatürün duvara olan uzaklığı, armatürler arası mesafenin yarısı olarak alınır. Isıtma sistemi ve klima (HVAC)'nın kullanıldığı yerlerdeki armatürler, bu sisteme uyumlu olmalıdır. Hava, armatürlerin yanlarındaki boşluklardan veya lamba bölmesinden dolaşacaktır. Böyle durumlarda floresan lamba kullanımı tavsiye edilmektedir. Çünkü floresan lambanın uzun silindirik yapısı, hava dolaşımlarını daha az etkilemektedir [1].

Doğal aydınlatma: Ofis aydınlatmasında, yapay aydınlatmanın olduğu kadar doğal aydınlatmanın da etkisi oldukça fazladır. Günümüz ofis aydınlatmalarında kullanılan ışık kontrol sistemleri ile doğal aydınlatmadan faydalanılarak önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlanmaktadır [10].

3. OFİS AYDINLATMASI İÇİN STANDARTLAR VE ÖNERİLEN DEĞERLER

Bu bölümde çeşitli ofis aydınlatma standartları ve öneriler incelenerek, aralarındaki ilişkiler ortaya konulacaktır.

3.1 Alman Standartları (DIN Normları)

Alman DIN normlarında iç aydınlatma için verilmiş olan standart değerler ve öneriler aşağıda açıklanmıştır [2].

Aydınlık düzeyi: İç aydınlatma için aydınlık düzeyi anma değerleri 20-50-100-200-300-500-750-1000-1500-2000 lux' dür.

Ofislerde sağlanması gereken minimum aydınlık düzeyi değerleri Tablo 3.1'de verilmiştir. Tablodaki aydınlık düzeyi anma değerleri,

- Tesisatın normal işletme durumu (belirli bir süre kullanılmış),
- Döşeli hacimler,
- Yerden 0.85 m yükseklikteki çalışma düzlemi,
- Sirkülasyon alanları için yerden 0.2 m yükseklikteki düzlem için verilmiştir.

Bu hacimdeki ortalama aydınlık düzeyi hiç bir zaman anma değerinin 0.8 katından az olmamalıdır. Çalışma düzleminin her noktasında da anma değerinin en az 0.6 katı kadar bir değer sağlanmalıdır.

Düzgünlük: Düzgünlük faktörü, yani minimum aydınlık düzeyinin ortalama aydınlık düzeyine oranı ;

$$U = \frac{E_{\min}}{E_{\text{ort}}} = \frac{1}{1.5} \quad (3.1)$$

olmalıdır.

Tablo 3.1 DIN Normlarına göre belirlenen ofis anma aydınlık düzeyi değerleri

Hacim veya Yapılan İşin Türü	Anma Aydınlik Düzeyi E_n (lux)	Açıklamalar
Çalışma yerleri pencere yakınında olan ofisler	300	İş üzerinde minimum $0.8 E_n$
Ofisler (Genel)	500	
Yüksek yansıtma katsayılı ofisler	750	Yüksek yansıtmalı hacimlerde minimum yansıtma katsayıları: tavan için 0.7 ; duvar ve bölmeler için 0.5'dir.
Orta yansıtma katsayılı büyük ofisler	1000	
Çizim ofisleri	750	E_n , yatayla 75° açı yapan ve 1.2 m yüksekteki çalışma düzlemi için verilmiştir.
Görüşme ve dinlenme odaları	300	
Sirkülasyon alanları	200	
Veri işleme odaları	500	

Parıltı dağılımı: Yüzey yansıtma katsayıları, iş ile yakın çevresi arasındaki parıltı oranı 3:1'den büyük olmayacak şekilde seçilmelidir. İş ile uzak çevresi arasındaki parıltı oranı ise 10:1'den büyük olmamalıdır. Önerilen ortalama yüzey yansıtma katsayıları:

Tavan : $\rho_t = 0.7$

Duvarlar : $\rho_d = 0.5$

Zemin : $\rho_z = 0.2$

Çalışma Masası : $\rho_{\text{çm}} = 0.2 / 0.5$ 'dir. (3.2)

Kamaşma: Psikolojik kamaşma, parıltı eğrileri yöntemi ile değerlendirilir. DIN normlarında verilen kalite sınıfları ve bunların CIE kalite sınıflarına göre karşılıkları Tablo 3.2'de verilmiştir. Ofisler için kamaşma kalite sınıfı 1 olmalıdır.

Tablo 3.2 DIN normlarına göre kamaşma kalite sınıfları ve bunların CIE kalite sınıflarındaki karşılıkları

Hacmin Özelliği	DIN	CIE
Kamaşmaya karşı hassasiyet çok fazla	A	A
Kamaşmaya karşı hassasiyet fazla	1	B
Kamaşmaya karşı hassasiyet normal	2	D
Kamaşmaya karşı hassasiyet az	3	E

Tablo 3.3 DIN normlarında verilen minimum ekranlama açıları

Lamba Cinsi	Ortalama Parlıltı(cd/m ²)	Kamaşma Kalite Sınıfı			
		A	1	2	3
Fluoresan lamba	$L \leq 2 \times 10^4$	20°	10°	0°	0°
Kompakt floresan	$2 \times 10^4 < L \leq 4 \times 10^4$	20°	15°	5°	0°
Opal camlı yüksek basınçlı deşarj, alçak basınçlı sodyum	$4 \times 10^4 < L \leq 50 \times 10^4$	30°	20°	10°	0°
Şeffaf camlı deşarj ve akkor telli lamba	$L < 50 \times 10^4$	30°	30°	15°	10°

Işıklı tavanlarda parlıltı 500 cd/m²'den büyük olmamalıdır.

Modelleme: Genel aydınlatma için gölge faktörü, silindirik aydınlık düzeyinin (E_s) yatay aydınlık düzeyine (E_y) oranı olarak tanımlanmıştır. Keskin gölgeleri önlemek için

$$E_s / E_y \geq 0.3 \text{ olmalıdır.} \quad (3.3)$$

Işık rengi ve renksel geriverim endeksi : Alman standartlarında ışık kaynaklarının renksel geriverim sınıfları Tablo 3.4'deki gibidir. İç aydınlatmada kullanılan ışık kaynaklarının renksel geriverim endeksi sınıfı en az 3 olmalıdır. Ofislerde renksel geriverim sınıfları en az 2A olan sıcak ve ılık renkli ışık kaynakları kullanılmalıdır.

Tablo 3.4 DIN normlarındaki renksel geriverim sınıfları

Sınıf	Renksel Geriverim Endeksi
1A 1B	$R_a \geq 90$ $80 \leq R_a < 90$
2A 2B	$70 \leq R_a < 80$ $60 \leq R_a < 70$
3	$40 \leq R_a < 60$
4	$20 \leq R_a < 40$

Doğal aydınlatma: Tek taraflı pencereli derin hacimlerde doğal aydınlatma yetersiz olacağından, pencereden uzakta olan bölgelerde doğal aydınlatmayı tamamlayıcı yapay aydınlatma yapılmalıdır.

3.2 İngiliz Standartı (CIBSE Code)

İngiliz standardında iç aydınlatma için verilen standart değerler ve öneriler aşağıda özetlenmiştir [11].

Aydınlık düzeyi: İç aydınlatma için aydınlık düzeyi anma değerleri 20-30-50-75-100-200-300-500-750-1000-1500-2000 lux'dür. Ofislerde sağlanması gereken aydınlık düzeyi değerleri Tablo 3.5'de verilmiştir. Bu değerler normal işletme durumunda hacim içinde sağlanması gereken ortalama bakımlı aydınlık düzeyi değerleridir.

Düzensizlik: Minimum aydınlık düzeyinin ortalama aydınlık düzeyine oranı 0.8'den küçük olmamalıdır. Yani ;

$$U = E_{\min} / E_{\text{ort}} \geq 0.8 \quad (3.4)$$

Tavan ortalama aydınlık düzeyinin çalışma düzlemindeki ortalama aydınlık düzeyine oranı, 0.3 ile 0.9 arasında, herhangi bir duvarın ortalama aydınlık düzeyine oranı 0.5 ile 0.8 arasında olmalıdır.

Parıltı oranları: Parıltı dağılımının düzgün olması için önerilen yüzey yansıtma katsayıları

Tavan : $\rho_t \geq 0.6$

Duvarlar : $\rho_d = 0.3$ ile 0.7 arasında

Zemin : $\rho_z = 0.2$ ile 0.4 arasında

Mobilya ve masa : $\rho_m \geq 0.3$ 'dür. (3.5)

Kamaşma: Psikolojik kamaşma, kamaşma endeksi ile değerlendirilir. Ofisler için önerilen sınır kamaşma endeksi değerleri de yine Tablo 3.5'de verilmiştir. Endirekt aydınlatmada tavan parlaltısı 500 cd/m^2 'den büyük olmamalıdır.

Modelleme: İnsan yüzlerinin iyi görünebilmesi için vektörel aydınlık düzeyinin skaler aydınlık düzeyine oranı 1.2 ile 1.8 arasında olmalıdır.

Renk: Ofislerde ışık rengi ılık ve renksel geriverim sınıfı 1B veya 2 olan ışık kaynakları kullanılmalıdır.

Tablo 3.5 Ofisler için CIBSE'nin önerdiği aydınlık düzeyi ve kamaşma endeksi değerleri

Hacmin veya yapılan işin türü	Anma Aydınlik Düzeyi Değeri (lux)	Kamaşma Endeksi
Ofis	500	19
Bilgisayar odaları	300–500	19
Konferans ve yönetici odaları	500	19
Bilgi işlem odaları	500	19
Dosyalama odası	300	19
Çizim odaları	500–750	16
Genel hacimler	300	19

Doğal aydınlatma: Ortalama günışığı faktörü %5'den büyük olan hacimlerde uygun kontrol sistemlerinin kullanılması ile elektrik tüketiminde büyük tasarruf sağlanabileceği belirtilmektedir. Bu tür hacimlerde sıcak veya ılık renkli ışık kaynakları kullanılmalıdır. Ortalama günışığı faktörü %2 ile %5 arasında ise aydınlatma sistemi mevcut günışığından maksimum fayda sağlanacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu hacimlerde ılık renkli ışık kaynakları kullanılmalıdır. Pencerelelerin yol açacağı kamaşma, gölgelikler ile önlenmelidir.

3.3 A.B.D'nin Önerileri (IES)

Kuzey Amerika Aydınlatma Mühendisleri Birliği'nin (Illuminating Engineering Society of North America – IES) iç aydınlatma önerileri aşağıda verilmiştir [2].

Aydınlık düzeyi: Bu önerilerde verilen aydınlık düzeyi değerleri, iş üzerinde sağlanması gereken minimum değerlerdir. Aydınlık düzeyi değerleri yapılan işin cinsine göre 9 kategoriye (A,B,C.....) ayrılmıştır. Her kategoride üç aydınlık düzeyi değeri vardır. Çalışanların yaşına, işin zorluk derecesine ve yüzey yansıtma katsayılarına bağlı olarak bu üç değerden biri seçilir (Tablo 3.6).

Ofislerde farklı görsel işlerin yapıldığı ve yerleşim düzeninin zaman içinde değişebileceği göz önüne alınarak, genel aydınlatma için D ve E kategorileri önerilmektedir. Genel aydınlatma, iş üzerinde tabloda verilen değerler sağlanacak şekilde, gerektiğinde lokal aydınlatma ile desteklenmelidir.

Düzgünlük: İki komşu hacmin aydınlık düzeyleri arasındaki oran 5/1'i geçmemelidir.

Parıltı dağılımı : Hacim içindeki parıltı oranları aşağıdaki sınırlar arasında olmalıdır. Yüzey yansıtma katsayılarının ise Tablo 3.7'de verilen değerler arasında olması önerilir.

İşle yakın çevre arasında	:1 ile	1/3	
İş ile karanlık uzak çevre arasında	:1 ile	1/10	
İş ile aydınlık uzak çevre arasında	:1 ile	10	(3.6)

Kamaşma: Psikolojik kamaşma görsel konfor olasılığı yöntemi ile değerlendirilir. Ofislerde görsel konfor olasılığı $VCP \geq 70$ olmalıdır.

Renk: Ofislerde renk sıcaklığı 4000 K'den büyük olan ışık kaynakları kullanılmalıdır. Işık rengi ve renksel geriverim özellikleri farklı olan lambalar aynı ortamlarda kullanılmamalıdır.

Modelleme: Yatay düzlemdaki iş üzerinde gölgelerin oluşmaması için çalışanın ön ve yukarılarından gelen ışık mümkün olduğunca az olmalıdır. Işık yanlardan ve arkadan gelmelidir.

Doğal aydınlatma: Doğal aydınlatma dinamik bir yapıya sahip olduğundan planlama aşamasında, mümkün olabilecek her durum hesaba katılmalıdır. Kamaşmayı önlemek için gölgelikler kullanılmalıdır.

Tablo 3.6 IES'in ofisler için belirlediği aydınlatma kategorileri ve aydınlık düzeyi değerleri

İşin Türü	Kategori	Aydınlık Düzeyi Değerleri [lux]	Referans alınan çalışma düzlemi
Genel alanlar	A	20-30-50	Genel aydınlatma
Kısa süreli kullanılan hacimler	B	50-75-100	
Görsel işlerin kısa süreli yapıldığı yerler	C	100-150-200	
Yüksek kontrastlı veya büyük boyutlu iş	D	200-300-500	İş üzerindeki aydınlık düzeyi
Orta kontrastlı veya küçük boyutlu iş	E	500-750-1000	
Düşük kontrastlı veya çok küçük boyutlu iş	F	1000-1500-2000	
F kategorisindeki işlerin sürekli yapıldığı durumlar	G	2000-3000-5000	İş üzerindeki genel+lokal aydınlık düzeyi
Çok uzun süreli ve hassas işler	H	5000-7500-10000	
Çok düşük kontrastlı ve çok küçük boyutlu çok hassas işler	I	10000-15000-20000	

Tablo 3.7 Yüzey yansıtma katsayıları

Yüzey	Yansıtma Katsayısı (%)
Tavan	≥ 80
Duvar	50-70
Bölmeler (ara duvarlar)	40-70
Zemin	20-40
Mobilya	25-45
Pencere gölgelikleri	40-60

3.4 Uluslararası Aydınlatma Komisyonu'nun Önerileri (CIE Guide for Interior Lighting)

Uluslararası Aydınlatma Komisyonu CIE'nin (Commission Internationale de L'Eclairage) iç aydınlatma için önerdiği değerler aşağıdaki gibidir [12].

Aydınlık düzeyi: Zeminden 0.85 m yükseklikteki çalışma düzlemi için, hacim türüne veya yapılan işin cinsine göre sağlanması gereken aydınlık düzeyi değerleri Tablo 3.8'de verilmiştir. Tabloda her bir kategori için üç farklı değerin verildiği görülmektedir. Normal durumlarda ortadaki aydınlık düzeyi değerinin alınması önerilmektedir.

- İşin yansıtma katsayısı veya kontrastı düşük,
- Hataların düzeltilmesi pahalı,
- Görsel iş kritik,
- Hassasiyet ve hız çok önemli,
- Çalışanların görsel kapasitesi normalin altında ise, tabloda verilen büyük değerler alınmalıdır.

- İşin yansıtma katsayısı veya kontrastı yüksek,
- Hassasiyet ve hız önemli değil,
- İş arasıra yapılıyor ise, tabloda verilen küçük değerler alınmalıdır.

Düzgünlük: Minimum aydınlık düzeyinin ortalama aydınlık düzeyine oranı 0.8'den büyük olmalıdır. Birbirine komşu hacimlerin ortalama aydınlık düzeylerinin oranı da 5:1'den büyük olmamalıdır.

Parıltı dağılımı: İşin yakın çevresinin parıltısı, mümkünse iş parıltısından düşük olmalı ve bunların oranları 1/3'den küçük olmamalıdır. Bakış alanındaki yüzeylerin ortalama parıltısı, iş parıltısının 1/10'undan az olmamalıdır.

Tablo 3.8 İşin türüne göre CIE'nin önerdiği aydınlık düzeyi değerleri

Önerilen Aydınlık Düzeyi Değerleri [lux]	Hacmin veya İşin Türü
20-30-50	Dış sirkülasyon alanları
50-100-150	Sirkülasyon alanları
100-150-200	Çalışma amaçlı olarak sürekli kullanılmayan hacimler
200-300-500	Basit görsel işler
300-500-750	Orta zorlukta görsel işler
500-750-1500	Görsel hassasiyet gerektiren işler
750-1000-1500	Zor görsel işler
1000-1500-2000	Oldukça zor görsel işler
2000'den büyük	Çok zor görsel işler

Armatür ile armatür çevresindeki tavan arasındaki kontrastı azaltmak için, tavanın yansıtma katsayısı mümkün olduğunca yüksek olmalıdır. Tavan, duvar ve zemin için önerilen yüzey yansıtma katsayıları :

$$\rho_t \geq 0.6$$

$$\rho_d = 0.3 \text{ ile } 0.7$$

$$\rho_z = 0.1 \text{ ile } 0.3 \quad (3.7)$$

arasındadır. Tavanın ortalama aydınlık düzeyi, iş üzerindeki aydınlık düzeyinin 1/10'undan az olmamalıdır.

Kamaşma: Psikolojik kamaşma değerlendirilmesinde farklı yöntemlerin kullanılmasının yarattığı problemlerin ortadan kaldırılması ve bunların yerine tek bir yöntem kullanılması için CIE 1987 yılında UGR yöntemini önermiştir. Bu yöntemin yakın gelecekte tüm ülkelerde ortak kullanılması planlanmaktadır.

Modelleme: Armatürler, ışığın iş üzerinden direkt yansıyarak göze gelmesi engellenecek şekilde seçilmeli ve yerleştirilmelidir.

Renk: Ofisler için sıcak veya ılık renkli ve renksel geriverim sınıfı $R_a=1B$ olan ışık kaynakları tavsiye edilmektedir.

Doğal aydınlatma: Tek taraflı pencereli hacimlerde doğal aydınlatma hacmin iç kısımlarına doğru hızla azalır. Küçük ofislerde bu düzgünsüzlük kabul edilebilir. Ancak büyük ofislerde doğal aydınlatmayı destekleyecek yapay aydınlatmaya ihtiyaç vardır. Düzgünlüğün sağlandığı camlı tavanlarda ise ısınma ve kamaşma problemleri ortaya çıkabilir.

Bu bölümün tümünde incelenen DIN, CIBSE CODE, IES, CIE'nin ofisler için verdiği standart değerler ve öneriler Tablo 3.9'da toplu olarak verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi, aydınlatma ile ilgili standartlarda verilen değerler ülkelere göre farklılıklar göstermektedir.

Tablo 3.9 Ofisler için DIN, CIBSE, IES, ve CIE'nin önerdiği değerler

	DIN	CIBSE	IES	CIE
Aydınlık düzeyi	Normal işletme durumunda çalışma düzleminde sağlanması gereken ortalama aydınlık düzeyi 300 ile 1000 lux arasında	Normal işletme durumunda çalışma düzleminde sağlanması gereken ortalama aydınlık düzeyi 300 ile 750 lux arasında	Aydınlık düzeyi için cinsine göre belirleniyor. Ofisler için D ve E kategorileri (100 ile 1000 lux) öneriliyor. Burada verilen değerler iş üzerinde sağlanması gereken aydınlık düzeyi değerleridir	Hacmin veya işin türüne göre çalışma düzlemindeki ortalama aydınlık düzeyi değerleri verilmiş ve her kategori için üç değer vardır. Her ülkenin kendi standartları olduğundan detaylı tavsiyeler yok.
Düzensizlik	$E_{min} / E_{ort} \geq 1/1.5$	$E_{min} / E_{ort} \geq 0.8$ $E_{avvan,ort} / E_{cd,ort} = 0.3$ ile 0.9 $E_{duvar,ort} / E_{cd,ort} = 0.5$ ile 0.8	İki komşu hacmin aydınlık düzeylerinin oranı $\leq 5 / 1$	$E_{min} / E_{ort} \geq 0.8$ İki komşu hacmin aydınlık düzeylerinin oranı $\leq 5 / 1$ $E_{avvan,ort} / E_{ig} \geq 1 / 10$
Parıltı	$L_{ig} / 3 \leq L_{yalıncıverne} \leq 3L_{ig}$ $L_{ig} / 10 \leq L_{uzakçıverne} \leq 10L_{ig}$		$L_{ig} \leq L_{yalıncıverne} \leq 3L_{ig}$ $L_{ig} / 10 \leq L_{uzakçıverne} \leq 10L_{ig}$	
Yüzey yansıtma katsayıları	$\rho_{avvan} = 0.7$ $\rho_{duvar} = 0.5$ $\rho_{zemin} = 0.2$ $\rho_{masa} = 0.2$ ile 0.5	$\rho_{avvan} \geq 0.6$ $\rho_{duvar} = 0.3$ ile 0.7 $\rho_{zemin} = 0.2$ ile 0.4 $\rho_{masa} \geq 0.3$	$\rho_{avvan} \geq 0.8$ $\rho_{duvar} = 0.5$ ile 0.7 $\rho_{zemin} = 0.2$ ile 0.4 $\rho_{masa} = 0.25$ ile 0.45 $\rho_{gölgelik} = 0.4$ ile 0.6	$\rho_{avvan} \geq 0.6$ $\rho_{duvar} = 0.3$ ile 0.7 $\rho_{zemin} = 0.1$ ile 0.3
Kamaşma	Direkt kamaşmanın önlenmesi için kalite sınıfı 1 olmalıdır. $E_s / E_y \geq 0.3$	$GI \geq 19$	$VCP \geq 70$	
Modelleme		$E_{vek} / E_{gölge} = 1.2 / 1.8$	İşık mümkün olduğunca çalışan kişinin arkasından ve yanlardan gelmeli	İşığın iş üzerinden yansıtılarak göze gelmesi engellenmeli
Renk	$R_a \geq 2A$ ılık veya sıcak	$R_a = 1B$ veya 2 ılık	$T \geq 4000 K$	$R_a = 1B$ ılık veya sıcak

4. AYDINLATMANIN KİŞİLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ VE KİŞİSEL DEĞERLENDİRMELER

Günümüzde geçerli olan aydınlatma kriterlerinde, aydınlatmanın görsel etkileri ön planda tutulmuş, psikolojik etkileri fazlaca dikkate alınmamıştır. Oysa iyi bir aydınlatma ile görme yeteneğini artırarak iş verimini, olumlu psikolojik etkiler yaratarak da çalışanların iş performanslarını arttırmak mümkündür. Bu bölümde, aydınlatmanın kişiler üzerindeki psikolojik etkileri, ofis çalışanlarının kişisel tercihleri ve davranışları konusunda yapılan çalışmalar kısaca ele alınacaktır.

4.1 Aydınlatmanın Fizyolojik ve Psikolojik Etkileri

Göze gelen ışık görme işleminin sağlanması yanında merkezi sinir sisteminin de bir çok bölgesini etkileyerek kişiler üzerinde fizyolojik ve psikolojik etkiler yaratır.

Doğal ışığın yokluğu yorgunluk, aşırı uyku, iştah ve kilo artmasına, moral bozukluğuna ve iş veriminin azalmasına sebep olmaktadır. Ayrıca, özellikle günışığının insanların hormon dengesi üzerinde önemli rol oynadığı, günışığının az olduğu kış aylarında uyku ve stres hormonlarının fazla salgılanması sonucu, insanlarda yorgunluk hissi, kendini iyi hissetmeme, moral bozukluğu gibi sorunların ortaya çıktığı ve bozulan bu hormon dengesinin uygun yapay aydınlatma ile dengelenebileceği bilinmektedir [2].

İnsanın gün boyu değişen biyolojik ritminin bozulmaması ve doğal ışığın yokluğunun yarattığı sakıncaların ortaya çıkmaması için, kişilerin günün üçte birini geçirdikleri iş yerleri günışığından mümkün olduğunca fazla faydalanılacak şekilde tasarlanmalıdır. Ancak, genellikle hacim içindeki doğal aydınlatma görsel işlerin yapılması için yeterli olmadığından bunun yapay aydınlatma ile desteklenmesi gerekmektedir. Ofislerde kurulacak yapay aydınlatma sistemleri, aydınlatma kriterlerini sağlamasının yanında kişilerin psikolojik yapılarını da olumlu yönde destekleyecek, dolayısıyla iş verimini arttıracak çözümleri de ortaya koyabilmelidir. Ancak insan psikolojisi pek çok parametreye bağlı olduğundan ve kişilere göre

farklılık gösterebildiğinden kesin çözümlerin ortaya konulması mümkün olamamaktadır.

4.2 Kişisel Tercihleri Etkileyen Faktörler

Ortamın fiziksel özellikleri, kişilerin iş performansını etkileyen önemli bir faktördür. Akustik, iklimlendirme, aydınlatma, dış ortam ile olan görsel bağlantı, hacmin tasarımı ve ergonomi ofis çalışanlarının performanslarını ve bulundukları ortamdaki hoşnut kalma derecelerini etkileyen başlıca parametrelerdir. Aydınlatma, çevrenin algılanmasında önemli bir faktör olduğundan, çalışanların aydınlatmadan da memnun olmalarını sağlamak gerekmektedir. Ofislerde yapılan deneysel çalışmalardan, aydınlatma hakkında kişisel görüşleri ve çalışanların bulundukları ortamın aydınlatmasından memnuniyetlerini etkileyen bir çok faktör olduğu görülmektedir. Bu faktörlerin başlıcaları şunlardır [13,14]:

- Kişilerin sağlık durumları
- Zihin ve moral durumları
- Ekonomik ve kültürel seviyeleri
- Cinsiyetleri
- Yaşları
- Aynı iş yerinde çalışma süreleri
- Bulundukları kat
- Pencereye göre hacmin neresinde bulundukları
- Pencereye baktıkları yönler
- Ofisin türü (açık ofis, hücreli ofis)

Ancak, bu faktörlerin kişisel memnuniyetleri hangi yönde ve ne kadar etkiledikleri hakkında kesin değerler ortaya konulamamıştır.

4.3 Tercih Edilen Aydınlik Düzeyleri

Kişilerin tercih ettikleri yapay aydınlık düzeyini belirlemek için bir çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda kısaca verilmiştir.

Bodman yaptığı deneysel çalışmalardan, optimum aydınlık düzeyinin kişilerin yaşı ve yaptıkları işin kontrastına bağlı olarak değiştiği sonucunu elde etmiştir. Tercih edilen aydınlık düzeyi değeri düşük kontrast durumunda 1000 lux, yüksek kontrast durumunda ise 1800 lux'dür. 50 yaşın altındaki kişiler 2000 lux, 50 yaşın üzerindeki 5000 lux aydınlık düzeyinde aynı hoşnutluğu duymaktadırlar [15].

Trogenza ve arkadaşlarının penceresiz bir hacimde yaptığı araştırmalar, tercih edilen aydınlık düzeyi değerinin deneye başlamadan önceki aydınlık düzeyine (adaptasyon aydınlık düzeyine) bağlı olduğunu göstermiştir. Adaptasyon aydınlık düzeyi attıkça tercih edilen aydınlık düzeyi değeri de artmaktadır. Tercih edilen ortalama aydınlık düzeyi değeri 2297 lux olarak bulunmuştur.

Saunders, tercih edilen aydınlık düzeyi değerinin 400 ile 1000 lux arasında değiştiği sonucuna varmıştır.

Leslie ve Hartleb'in çalışmalarından, tercih edilen aydınlık düzeyi değerinin adaptasyon seviyesine bağlı olduğu ve kişilerin günlük uyku saatlerinin de tercihler üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Kadın ve erkeklerin tercih ettikleri aydınlık düzeyi değerleri birbirinden farklıdır. Erkekler ortalama 1354 lux, kadınlar ise 584 lux aydınlık düzeyini tercih etmektedirler. Kişilerin çoğu dinamik bir aydınlatmayı statik aydınlatmaya tercih etmektedirler.

Begeman ve Hendriks'e göre kişiler çalışma masası üzerinde 750-1000 lux ve hacimde ortalama 500 lux'lük genel aydınlatma istemektedirler.

Völker ve Gall'in çalışmalarından, adaptasyon seviyesi arttıkça tercih edilen aydınlık düzeyi seviyesinin arttığı görülmektedir. 30 lux adaptasyon seviyesinde tercih edilen aydınlık düzeyi 430 lux iken, 600 lux'lük adaptasyon seviyesinde 670 lux'dür.

Tenner ve arkadaşlarının, hacim içindeki doğal aydınlık düzeyine bağlı olarak çalışma masası üzerinde tercih edilen aydınlık düzeyini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmalardan elde ettikleri sonuçlar şunlardır:

- Hacim içindeki doğal aydınlık düzeyi arttıkça tercih edilen yapay aydınlık düzeyi azalmaktadır. Doğal aydınlatmanın olmaması halinde 800 lux, 1000 lux'lük doğal aydınlatmada 500 lux ve 1500 lux'lük doğal aydınlamada 350 lux yapay aydınlık düzeyi istenmektedir.

- Kabul edilen minimum yapay aydınlık düzeyi 800 lux, minimum toplam aydınlık düzeyi (doğal + yapay) değeri 900 lux'dür. Tercih edilen ortalama toplam aydınlık düzeyi 1500 lux'dür.

- Duvarların aydınlık düzeyi hacim içindeki tercihleri etkilemektedir.

- Kişilerin tercihleri birbirinden çok farklı olduğundan ofislerdeki aydınlatma sistemi çok esnek olmalıdır ve kişilere uygun ayarlanabilmelidir.

Begemann ve arkadaşlarının yaptığı çalışmalardan elde edilen sonuçlar şunlardır:

- Kişilerin tercih ettikleri yapay aydınlık düzeyi değerleri birbirinden çok farklıdır. Tercih edilen aydınlık düzeyleri;

- Hacim içindeki doğal aydınlık düzeyi değerine bağlıdır, fakat doğal aydınlatmanın renk sıcaklığına bağlı değildir.

- Gök koşullarından etkilenmektedir.

- Mevsimlere bağlı olarak değişmemektedir.

- Kişilerin yaşına bağlı değildir (deneye katılanlar 23-54 yaşları arasındadır).

- Cinsiyete göre farklılık göstermemektedir.

- Gün boyu sabit aydınlık düzeyi yerine doğal aydınlatmanın ve biyolojik ritmin değişimine uygun dinamik aydınlatma tercih edilmektedir.

- Ofislerdeki aydınlatma kişisel istek ve ihtiyaçlara uyum sağlayabilecek esneklikte olmalıdır.

Sun ve arkadaşları ise, sabit aydınlık düzeyi sağlayan otomatik kontrol sistemlerinin, kişilerin aktivitelerini azaltarak performanslarının düşmesine yol açabileceğini belirterek, bunların yerine dinamik bir aydınlatma sağlayan sistemlerin kullanılmasının daha uygun olabileceğini söylemektedirler.

Yukarıda bahsedilen çeşitli deney sonuçlarından da anlaşılacağı gibi, ofis çalışanlarının tercih ettikleri aydınlık düzeyi değerleri farklılıklar göstermektedir. Kişisel tercihleri etkileyen kişisel ve çevresel birçok faktör olduğundan, birbirlerinden farklı ortamlarda, farklı özelliklere sahip belli sayıda denek ile yapılmış olan bu çalışmaların sonuçlarının farklı olması da normaldir. Kişisel tercihlerin birbirlerinden çok farklı olması ve hatta aynı kişinin gün boyunca tercih ettiği aydınlık düzeylerinin bile büyük farklılıklar göstermesi nedeniyle, ofis aydınlatması için tercih edilen kesin bir aydınlık düzeyi değerinin belirlenmesi şu an için mümkün değildir. Bu nedenle ofislerde kurulacak aydınlatma sistemlerinin kişisel isteklere cevap verebilecek esneklikte olması daha iyi sonuçlar verebilecektir [2].



5. AYDINLATMA KONTROL SİSTEMLERİ

İyi bir aydınlatmanın görme koşullarını iyileştirerek iş verimini yükselttiği, çalışanlara rahat ve konforlu bir ortam yarattığı bilinen bir gerçektir. Bu düşünceden hareket edilerek verimli ve konforlu bir ofis ortamını en ekonomik bir şekilde oluşturmak için gerekli koşulları belirlemek amacıyla son yıllarda birçok gelişmiş ülkede ofis aydınlatması konusunda projeler yürütülmektedir.

Günboyu çalışılan ofislerde genelde sürekli yapay aydınlatmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Ofislerde tüketilen toplam elektrik enerjisinin %58'inin aydınlatma, %5'inin havalandırma, %14'ünün ısıtma, %23'ünün ise diğer tüketicilerde harcandığı göz önüne alınırsa, yapılacak doğru ve kontrollü aydınlatma ile büyük enerji tasarrufunun sağlanabileceği açıktır.

Gün boyu yüksek aydınlık düzeyli düzgün aydınlatmaya ihtiyaç duyulan ofislerde aydınlatma sistemine, uygun otomatik kontrol sistemleri ile kumanda edilmesi büyük enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Bu kontrol sistemlerinin amacı, kişilere kendi isteklerine ve çalışma koşullarına uygun aydınlatmayı yaratma olanağı sağlamak ve günışığının yeterli olduğu saatlerde yapay aydınlatmayı kısıtlamaktır. Günışığı optimal kullanılarak hacim içerisinde yeterli düzeyde ve düzgünlükte bir aydınlatmanın yaratıldığı düzenlerde, günışığının aydınlatmaya katkısı düşünülmeden yapay aydınlatmanın sürekli kullanıldığı düzenlere göre yaklaşık %15'lik bir enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Günışığı dedektörleri ve loşlaştırma sistemlerinin yanı sıra zaman anahtarları ve hareket dedektörleri de ofis aydınlatma sistemleri içinde yer almaktadır. Bu sistemler sayesinde de, kullanılmadıkları saatlerde hacimlerdeki lambalar otomatik olarak söndürülerek yaklaşık %30'lara varan enerji tasarrufu sağlanmaktadır [16].

Büyük kullanım alanına sahip ofis tabanlı binalarda yapılacak aydınlatma kontrol sistemlerinde şu özelliklerin olması istenir:

1- Bu sistemler zamana bağlı olarak açma-kapama yapabilmelidir. Her gün aynı zaman diliminde kullanılan binalarda aydınlatma sistemi çalışma saatleri içinde devreye alınarak diğer zamanlarda kullanımının önüne geçilebilir. Örneğin; her gün

8:00 ile 17:00 arası çalışılan bir ofiste, bu saatler dışında aydınlatma sisteminin kullanımı engellenebilir.

2- Aydınlatma sistemlerinin otomatik kontrolünde hareket dedektörleri de kullanılabilir. Bu sayede bina içerisinde az kullanılan yerde sadece içeride insan bulunduğu zaman aydınlatma yapılarak gereksiz ışık kullanımı önlenir.

3- Otomatik aydınlatma kontrol sistemleri gerektiğinde insan eliyle de kumanda edilebilmelidir. Bu işlem duvara monte edilen loşluk anahtarları ile yapılabileceği gibi, uzaktan kumanda ile de gerçekleştirilebilir.

4- Gün boyunca sürekli aynı düzeyde ışık isteyen yerlerde günışığına duyarlı dedektörler kullanılmak suretiyle ortamın aydınlığı sürekli kontrol altında tutulabilir. Bu sistemden alınan verilere göre aydınlatma artırılır veya azaltılır. Böylece ışık seviyesinin aynı düzeyde kalması sağlanarak görme konforu elde edilir.

Ayrıca dedektörlerle tasarlanan sistemlerde gereksiz açma kapamaları önlemek için, sisteme zaman gecikme devresi de eklenmelidir [17].

Aşağıda bu kontrol sistemlerinin özellikleri daha detaylı bir şekilde incelenmiştir.

Tüm aydınlatma kontrol sistemleri; ışık kaynağı, kontrol elemanı, lojik devre ve algılayıcı (sensör) olmak üzere dört ana elemandan oluşur. Kontrol sistemlerindeki loşlaştırma anahtarları, röle, anahtar gibi kontrol elemanları ışık kaynağından çıkan ışık akısını elektriksel olarak değiştirirler. Lojik devre ise ne zaman ve ne kadar elektrik enerjisine ihtiyaç olduğunu belirler, yani sistemin beynidir. Lojik devre ışık algılayıcısı (fotosensör), varlık algılayıcısı veya zaman devresinden gelen bilgileri alır. Aynı sistemde bu elemanlardan bir veya daha fazla bulunabilir.

Aydınlatma kontrol sistemlerinde, hacim içindeki doğal aydınlatma, hacmin kullanım amacı, kullanım süresi veya işlerin türüne göre aşağıda açıklanan kontrol stratejileri kullanılır [18].

5.1 Kontrol Stratejileri

Aydınlatma kontrolünde kullanılan stratejiler amaca bağılı olarak değişir. Elektrik tüketimini azaltmak için günümüzde aşağıdaki kontrol stratejilerinden biri veya birkaçı birlikte kullanılabilir. Maksimum enerji tasarrufu sağlamak için genelde kontrol sistemlerinde bir arada kullanılan stratejiler şunlardır:

5.1.1 Zamanlama (Scheduling)

Zamanlama stratejisi öngörülebilir veya öngörülemez zamanlama olmak üzere iki türdür. İdeal olarak aydınlatma, sadece gerektiği zamanlarda açılır ve gerekmediği zamanlarda kapatılır.

5.1.1.1 Öngörülebilir zamanlama

Gün boyunca çalışma periyotları biliniyorsa, öngörülebilir zamanlama stratejisi kullanılır. Zaman anahtarları kullanılarak aydınlatmaya ihtiyaç duyulmayan saatlerde (öğlen tatili, mesai bitimi, vb.), aydınlatmanın otomatik olarak kapatılması sağlanabilir. Yıllık çalışma periyodunun bilinmesi durumunda (çalışma saatleri, öğle tatili, hafta sonları, tatiller, temizlik zamanları), aydınlatmanın açılıp kapanma saatleri ve gerekli aydınlık düzeyleri bir mikroişlemci veya bilgisayar ile programlanabilir. Bu strateji kullanılarak % 40'lara varan enerji tasarrufu sağlanabilir.

5.1.1.2 Öngörülemez zamanlama

Tek kişilik ofisler, fotokopi odası, konferans salonu, arşiv odası gibi sürekli kullanılmayan hacimlerde çalışma saatlerinin önceden belirlenmesi mümkün değildir. Bu tür hacimlerde içeride insan bulunduğu sürece aydınlatmanın açık kalması, insan bulunmadığında aydınlatmanın otomatik olarak kapatılması sağlanmalıdır. Öngörülemez zamanlama stratejisinde varlık algılayıcıları kullanılarak hacmin kullanılmadığı zamanlarda aydınlatmanın otomatik olarak kapatılması ile %60'lara varan enerji tasarrufu sağlanabilir [1].

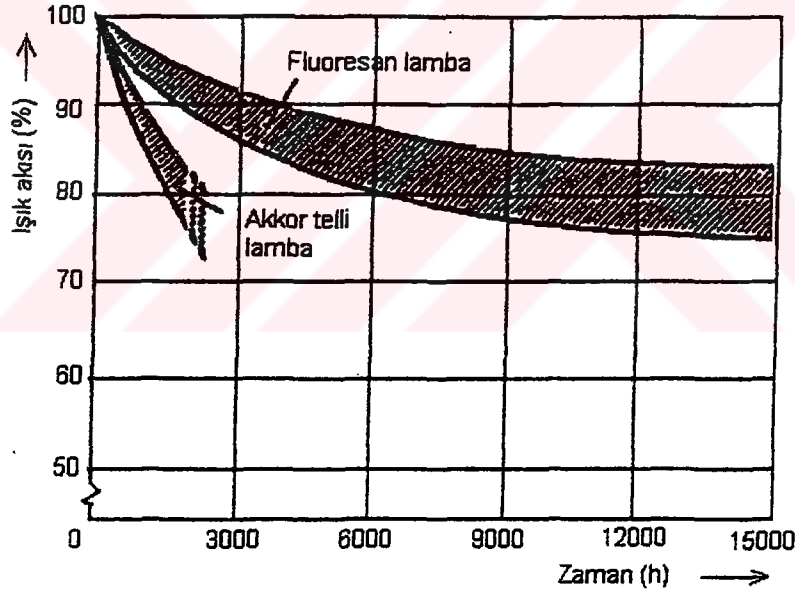
5.1.2 Bölgesel kontrol (Tuning)

Aydınlatma sistemleri genellikle hacimdeki en kritik veya en zor işler için gerekli olan aydınlık düzeyi sağlanacak şekilde tasarlanır. Bu şekilde tasarlanan bir hacimde daha basit görsel işlerin yapıldığı alanlarda gereğinden fazla aydınlık düzeyi

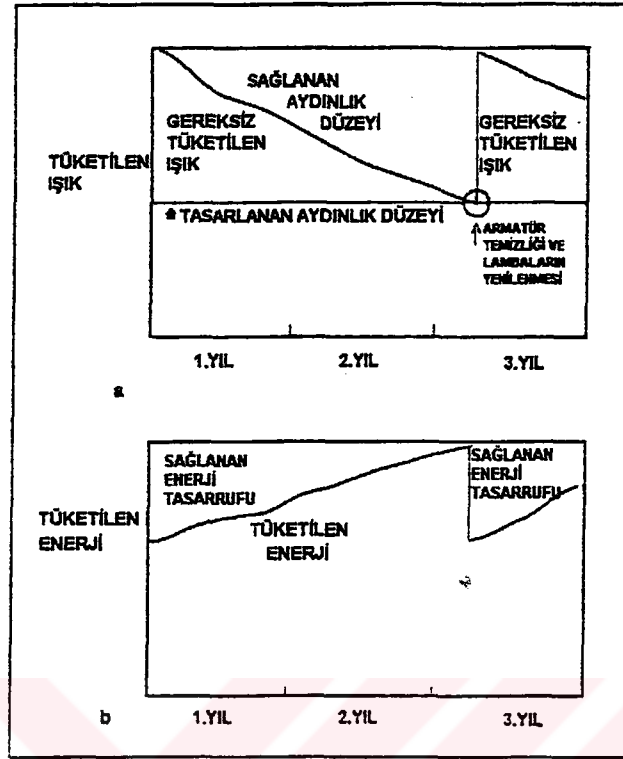
yaratılmış olur. Bu durumu ortadan kaldırmak için hacim bölgelere ayrılarak her bir bölge için gereken aydınlık düzeyleri sağlanacak şekilde sistem tasarlanır ve bu bölgelerin kontrolü ayrı ayrı yapılır. Her bir bölgede, orada gerçekleştirilecek görsel iş için gereken aydınlık düzeyi sağlanarak, enerji tasarrufu elde edilmiş olur. Bu strateji kullanıldığında düzgünlük oranlarına dikkat etmek gerekir.

5.1.3 Bakım altında ışık akısı kontrolü (Lumen maintenance)

Aydınlatma sistemleri genellikle, normal işletme durumunda oluşacak minimum aydınlık düzeyine göre tasarlanır. Hesaplarda zaman içinde lambaların ışık akılarının azalmasının Şekil 5.1, armatür ve hacim yüzeylerinin kirlenmesinin yol açtığı aydınlık düzeyindeki azalmayı göz önüne alan bir bakım faktörü dikkate alındığından, yeni tesisatın sağladığı aydınlık düzeyi istenilen değerin %20 - %35 fazlası olabilmektedir.



Şekil 5.1 Fluoresan ve akkor telli lambaların ışık akılarının zamana bağlı olarak değişimi



Şekil 5.2 Işık akısı kontrol stratejisi. a) Kontrol yapılmadığı durumlarda aydınlık düzeyi zamanla azalır fakat enerji tüketimi sabit kalır. b) Işık akısı kontrolü ile aydınlık düzeyi sabit kalır ve enerji tasarrufu sağlanır.

Loşlaştırılabilir sistemlerde bir ışık algılayıcısı kullanılarak gerçekleştirilen bu stratejide istenilen aydınlık düzeyi sağlanacak şekilde lambaların ışık akıları azaltılır. Zaman içinde aydınlık düzeyi azaldıkça güç artırılarak istenilen aydınlık düzeyi elde edilir. (Şekil 5.2) Bu strateji kullanılarak sağlanacak enerji tasarrufu %14 civarındadır [19].

5.1.4 Puant zaman sınırlandırması (Peak demand limiting)

Elektrik enerjisinin, puant zamanına bağlı olarak fiyatlandırıldığı ülkelerde kullanılan stratejidir. Elektriğin pahalı olduğu zaman diliminde aydınlık düzeyi loşlaştırma suretiyle yavaş olarak biraz azaltılır, böylece enerji tüketimi ve harcamaları azaltılmış olur. Bu işlem kullanıcılar tarafından fark edilmeyecek şekilde yapılmalıdır.

5.1.5 Doğal aydınlatmaya bağlı kontrol

Doğal aydınlatmaya bağlı kontrol stratejisinde pencerelerden içeriye giren doğal aydınlatmaya bağlı olarak yapay aydınlatma ya anahtarlama suretiyle açılıp kapatılır

veya loşlaştırma düzenleri yardımıyla hacim içindeki toplam aydınlık düzeyi (yapay+doğal) sabit kalacak şekilde ayarlanır.

5.2 Kontrol Yöntemleri

Kontrol sisteminde kullanılacak strateji veya stratejilere karar verdikten sonra, bunlara en uygun kontrol yöntemleri belirlenir. Kontrol yöntemleri belirlenirken aşağıdaki her üç kategoride belirtilen durumlardan en uygun olanları seçilir.

Açma-kapama veya loşlaştırma

Merkezi veya lokal kontrol

Elle veya otomatik kontrol

5.2.1 Merkezi veya lokal kontrol

Aydınlatma kontrol sistemleri merkezi, lokal veya her ikisinin kombinasyonu şeklinde olabilir. Lokal kontrolde her bir bölge, kendi bölgesindeki algılayıcıdan gelen sinyallere göre diğer bölgelerden bağımsız olarak kontrol edilir. Merkezi kontrolde ise algılayıcı veya algılayıcılardan gelen sinyaller tekbir merkezde toplanarak değerlendirilir ve önceden belirlenmiş olan stratejilere uygun olarak her bir bölgenin kontrolü yapılır.

5.2.2 Elle veya otomatik kontrol

Aydınlatma sistemlerinin kontrolü elle veya otomatik olabilir. Otomatik kontrol elle kumanda sistemlerine göre çok daha etkin olmakla birlikte, tek başına kullanılması uygun değildir. Olağan dışı durumlarda kişilerin aydınlatmaya müdahale edebilmesine olanak sağlanmalıdır. Elle kumanda olanağı olmayan otomatik kontrol sistemlerinin insanlar üzerinde olumsuz etkileri olduğu bilinmektedir [2].

5.3 Bazı Işık Kontrol Elemanları

5.3.1 Zaman anahtarları

Önceden belirlenen zaman dilimlerine göre lambaların bir kısmını veya hepsini kapatıp açmaya yararlar. İş saatleri dışında, yemek tatili sırasında ve hacimlerin

kullanılmadığı diğer saatlerde lambaların otomatik olarak kapatılmasıyla %40'lara varan enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

5.3.2 Zamanlayıcılar (Timer)

Lamba yakıldıktan sonraki belirli eşit zamanlı periyotlar sonunda, aydınlatmayı kapatmak için tesis edilirler. Kısa süreli kullanılan hacimler için uygundur. Örneğin, ambarlar yakıldıktan on dakika sonra kapatılabilirler.

5.3.3 İnsan (Presence) dedektörleri

Hacimde kimse bulunmuyorsa lambaları otomatik olarak kaparlar, içeri girildiğinde tekrar açarlar.

5.3.4 Günişliği dedektörleri

Doğal ışığa bağlı olarak aydınlatmayı anahtarlama veya loşlaştırma suretiyle otomatik olarak ayarlayan kumanda sistemleridir. Bu sistemlerde özellikle günışığının bol olduğu ve gündüz çalışılan hacimlerde büyük enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Fotoseller kullanılarak anahtarlama tekniği ile kumanda en basit çözümdür. Ayrıca daha olumlu sonuçlar veren loşlaştırma suretiyle de kumanda yapılabilir. Ama karmaşık elektronik ünitelerle (elektronik balast, algılayıcı v.b.) beraber kullanılması gereken bu sistem diğerlerine göre daha pahalıya mal olmaktadır. Günişliğine bağlı olarak yapılan kumanda ile sağlanabilecek enerji tasarrufu %15 civarındadır [20].

5.3.5 Işık algılayıcıları

Işık algılayıcıları, bir aydınlatma sisteminin çevre koşullarındaki değişikliklere cevap vermesine izin veren elektronik aygıtlardır. Ortamdaki aydınlık düzeyini belirleyen ışık miktarıyla orantılı bir elektriksel akım ışık algılayıcıları tarafından üretilir. Ortamdaki değişiklik pilin elektronik devresinde hissedilir. İki farklı çıkış modu mümkündür. Birincisinde, çıkış, anahtarlama mekanizmasını aktive etmektedir. İkincisinde ise çıkış ışık miktarını modüle eden veya ayarlayan analog sinyal bir denetleyici tarafından beslenmektedir.

Birinci çeşit fotosel, ışıkları önceden ayarlanan belirli aydınlık düzeyi seviyelerinde açma veya kapama şeklinde işlev görür. Tipik çeşitleri 105 ile 285 V AC şehir şebekesi aralığında ve 1800 VA'e kadar olan yük değerlerinde çalışır. Refüjlerde

kullanılan yol aydınlatma direkleri ve dış mekan uygulamalarında, fotosel sadece bir tek armatürü kontrol edebilir veya bütün devreyi anahtarlayan bir denetleyiciye bağlanabilir. Aydınlatmanın, karanlıktaki tüm periyot boyunca gerekli olmadığı durumlarda ise bünyesinde zamanlayıcı bulunduran fotosel ile, ayarlanan sürenin sonunda ışıkları açan veya kapatan bir düzenek yapılabilir.

Fotoseller ayrıca zamanlayıcılar ile birleşik olarak kullanılabilirler. Bu uygulamada, fotoseller lambaları anahtarlama işini mevcut aydınlık düzeyinin yeterli olma durumuna göre değerlendirirler.

Harici mekanlarda kullanılan fotoseller kuzey istikametine doğru yönlendirilirler. Bu yönlendirme ile hücre üzerine düşen ışık şeklinin düzgün olması sağlanırken diğer taraftan hem "açık" hem de "kapalı" pozisyonlarda aynı ışık seviyesi ile ölçümlerin yapılması sağlanır. Hücreler aktivasyon şekline göre ayarlanabilir yapıdadır. Tipik şekilleri 15 lux ile 25 lux arasındaki aydınlık düzeyi değerleri için uygundur.

Çıkış parametreleri değişebilen fotoseller, parametrelerinin değişmesi ile mevcut günışığı seviyesi ile orantılı aydınlık düzeyinin elde edilmesinin istenildiği elektrik tesisatlarında kullanılır. Denetleyiciye kayıt edilen aydınlık düzeyi seviyesine çevre ortamı ulaştığında sistemin enerjisi kesilmektedir. Çevre ortamının aydınlık düzeyi değeri düştüğünde ise, arzu edilen ortalama seviyenin sağlanması için sistem yeniden enerjilenecektir. Fotosel çıkışına orantılı olarak sistemin arzu edilen aydınlık düzeyini sağlaması için sürekli loşlaştırma, anahtarlama veya adım loşlaştırması yollarından biri seçilir.

Bazı algılayıcılarda ışığı toplamak için fiber-optik demetler kullanılır. Fotoseller yalnız başına bir armatürün içine veya denetleyicinin yanına monte edilirler. Böylece toplanan ışığın pozisyonlandırılmasında büyük bir esneklik elde edilmiş olur.

İç mekanların aydınlatılmasında eğer fotosellerden yararlanılacaksa, fotosellerin doğru yerleştirilmesi büyük önem kazanır. Hücrenin üzerine düşen ışık miktarı yapılan iş üzerine düşen ile orantılı olmalıdır. Bu konu hakkında birtakım teknikler geliştirilmiştir. En basit olarak fotosel, ortamdaki kontrol edilen ortalama aydınlık düzeyini ölçmektedir. İkinci bir metot ise, seçilen bir hedeften yansıyan ışık akı miktarını ölçen algılayıcıdır. Üçüncü bir metotta ise pencere sisteminden içeriye giren ışık akısı ölçülmektedir. Bir diğer metotta ise dışardaki aydınlık düzeyi ölçülür. Bütün bu metotlardan hiçbirisi yalnız başına uygulamalarda çözüm olarak kullanılmaz, her montaj kendi başına değerlendirilmelidir. Yapılan iş üzerindeki aydınlık düzeyini ölçmeyen sistemlerde kalibrasyonun yapılması büyük önem taşır.

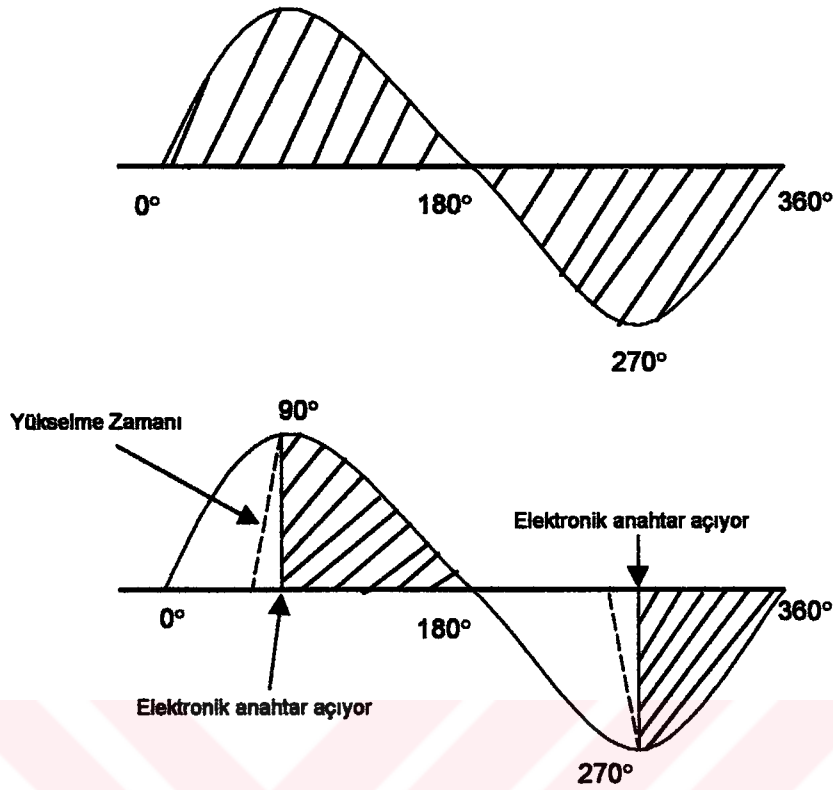
İç mekan aydınlatmasında fotosel kullanımında göz önünde tutulması gereken bir diğer nokta ise kullanılan fotoselin kontrol ettiği alanın büyüklüğüdür. Bir tek fotosel ile kontrol edilen bir alanda uyulması gereken ilk kural alanın her tarafında ihtiyaç duyulan aydınlık düzeyinin aynı olması ve alanın her tarafındaki ışıksal parametrelerin (yansıma, renk v.s.) benzer özellikler göstermesidir. İkinci kural kontrol edilen ortamdaki günışığı seviyesinin homojen olmasıdır. En azından her 60 m² için bir fotosel kullanılmalıdır. Daha büyük mekanlar için ise ortamı birbirinden ayıran yüksek duvarlar bulunmamalı ve ortamın her tarafı homojen bir yapıda olmalıdır [1].

5.3.6 Loşlaştırıcılar (Dimmerler)

Işık seviyesinin en iyi kontrol şekli loşlaştırmadır. Orijinal loşlaştırıcılar içinde akımın farklı kollara dağıtıldığı rezistanslar bulundurur. Rezistif loşlaştırıcıların avantajlarının yanında bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Şüphesiz ki bunların arasında en önemlisi rezistif loşlaştırıcıların enerji tasarrufu sağlamamasıdır. Işık seviyesi ne olursa olsun armatürde kullanılan gücün yanında rezistif loşlaştırıcı sürekli olarak nominal güçten geriye kalanı harcamaktadır. Bu çeşit loşlaştırıcıların birçoğu tiyatrolarda kullanılır.

Son 10 yılda toplam loşlaştırıcıların yaklaşık %90'ını katı-hal loşlaştırıcıları almıştır. Bunların çalışma prensibi çok basittir. AC güç sistemlerinde akımın şekli Şekil 5.3'de gösterildiği gibi periyodiktir. Yük tarafından çekilen güç ise eğrinin altında kalan taralı alanın fonksiyonudur. Elektronik anahtar olarak da adlandırılabilinen elektronik loşlaştırıcılardır. Şekil 5.3'den görüldüğü gibi bir anahtar gibi periyodun belli kısımlarında yük üzerine düşen akımı kesmektedir. Elektronik anahtarın çalışma zamanı tamamen kapalı ile tamamen açık konumlarının arasında sürekli değişir. Akım aniden sinüs formunun üzerinde periyodik şeklin üzerine oturamayacağından bir anlık yükselme zamanı oluşacaktır. Bu yükselme zaman diliminde akım sinüs formunu yine anlık aşacak ve osilasyona uğrayarak şeklin üzerine binecektir. Bunların sonucu, radyo-frekans (rf) gürültüsü ve lamba flamanının ses çıkarmasıdır. Birçok üretici, rf bastırıcılar ile flamentlerin ses çıkarması problemlerini boğucular ile çözmektedirler.

Katı-hal loşlaştırıcılar akkor telli lambalar, floresan lambalar ve HID lambalar için üretilmektedir. Sadece elektronik anahtar ile rf bastırması gereken akkor loşlaştırıcılar çok geniş bir güç aralığı için uygun yapıda üretilmektedir.



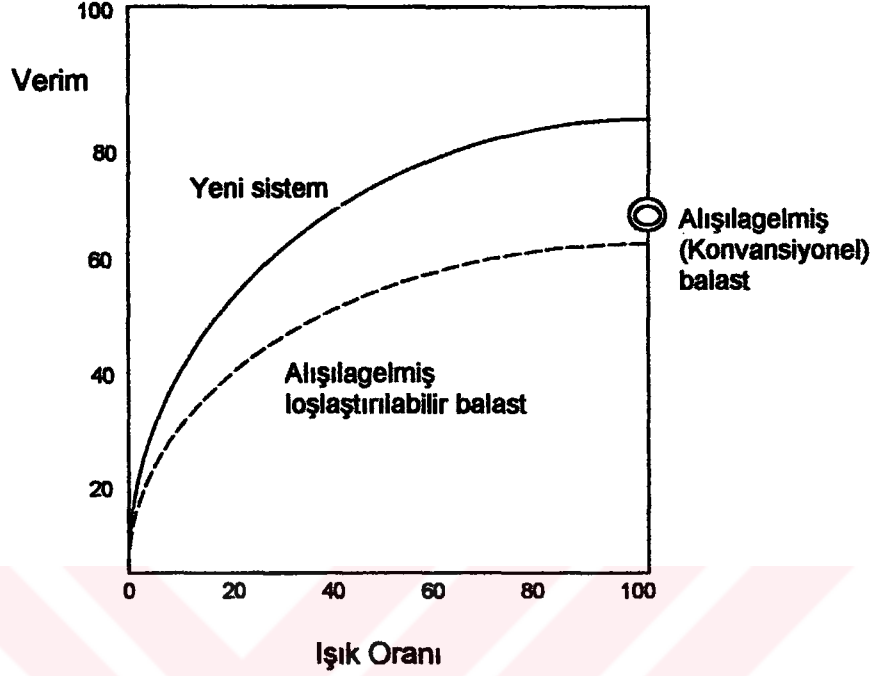
Şekil 5.3 Alternatif akımda loşlaştırma karakteristiği

Işık yoğunluğu kontrol anahtarının uzağında bulundurulmuş loşlaştırıcı paketlerini kullanan sistemler 100 W'tan 300 Kw'a kadar olan güç değerleri için uygundur. Uzak komuta loşlaştırıcı paket sistemleri birçok noktadan kontrol edilebildiği gibi , hafızaya daha önceden kayıtlı edilmiş seviyelerin bas-bırak anahtarlar ile kullanılması, tam aralıkta kullanma ve açık/kapalı gibi fonksiyonları da yerine getirmektedir. Akkor loşlaştırma ışık parlaklık aralığının %0'dan %100'e kadar olan aralıkta tam kontrolünü sağlayan tek metottur.

Fluoresan loşlaştırıcıların kullanılmaya başlanması 1962 yılında olmuştur. Fluoresan loşlaştırıcı yerine akkor loşlaştırıcıların kullanılması mümkün değildir. Çünkü floresan loşlaştırıcılar özel bir devre, balast ve duya sahiptir. Akkor loşlaştırıcılardan farklı olarak floresan loşlaştırıcılar ışık kaynağının parlaklığını tamamen kapatamazlar. Minimum ışık akısı miktarı maksimumun 1/500'ü kadardır. Bu miktar lambaların tamamen kapatıldığı hissini verir.

Loşlaştırma modülleri akkor modüllerle birleştirilebilir veya bir takım halinde kullanılabilir.

HID lambalarının kullanımının artması ile birlikte bunların loşlaştırma isteği de ortaya çıkmıştır.



Şekil 5.4 Alışlagelmiş balast ile yeni floresan loşlaştırma sistemlerinde verim ve ışık çıkışı arasındaki ilişki

Arkın kontrol altında tutulma zorunluluğundan dolayı, ışık kaynağının minimum ışık akı miktarı maksimumun %2'si kadardır. Civa loşlaştırma sistemi uzak yoğunluk kontrolü ile loşlaştırma sistemine ihtiyaç duymaktadır. Ve bu sistem önceden ayarlı kontrol paketlerine uygundur. Ayrıca metal halide ve yüksek basınçlı sodyum buharlı sistemlere de uygun modüller mevcuttur.

Loşlaştırma sisteminde seçilmiş olan aydınlık düzeyi, ışık akısı miktarı, günışığı katkısı ve kirlilik oranının değişmesi durumlarında kullanıcı tarafından loşlaştırma ile yeniden belirlenir.

5.3.7 Çok seviyeli balastlar

Aydınlık seviyesinin değiştirilmesinin bir diğer farklı yolu da çok seviyeli balast kullanılmasıdır. Çok seviyeli balastlar ile kullanımda sadece bir çeşit armatür ve balastın o işe özgü olması gerekmektedir. Aydınlık seviyesinde oluşturulmak istenilen değişiklik sadece bir kablaj değişikliği ile elde edilebilir. Mevcut tesisatta değişiklik yapılması düşünüldüğü zaman , çok seviyeli balastların kullanılması para ve enerji tasarrufu sağlayabilir.

Çok seviyeli balastlar iki veya üç farklı aydınlık seviyesi için uygun olabilir. İki seviyeli balast, iki adet F40T12 RS lambası kullanarak 98.7 W ta %100 aydınlık düzeyi 55.7 W'ta %55 aydınlık düzeyi sağlamaktadır. Üç seviyeli balast ise sırasıyla 98.7 W, 55.7 W ve 37 W değerlerinde %100, %55, %37.8 aydınlık düzeyi sağlayabilmektedir. Çok seviyeli balast kullanmanın dezavantajlarından birisi, aydınlık düzeyinin değiştirilmesi için bir tesisat işlemine ihtiyaç duyulmasıdır.

5.3.8 Bilgisayar kontrolleri

Bilgisayar kontrollü aydınlatma sistemleri gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır. Bu tür sistemler iki farklı aydınlık seviyesini uzak komuta on/off işlemleri ile kombine kullanılabilir yapmaktadır. Sistem bir denetleyici (kontrolör) ve alıcı/anahtar içermektedir. Denetleyici bir mikroişlemci ve osilatör, alıcı/anahtar ise bir şifre çözücü ve iki röleden ibarettir. Mikroişlemci değişik armatür adresleri ile bilgilendirilir. Adres ve durum bilgileri bir osilatör ile modüle edilerek binanın elektriksel sistem hat frekansına yüklenir. Mesaj binanın elektrik dağıtım sistemi boyunca yayılır. Alıcı anahtarda mesajı bir kod çözücü (decoder) alır ve adres bilgisini inceler. Eğer adres bilgisi kendisine yöneltilmiş ise lambayı aç/kapa veya yarı aç şeklinde durum bilgileri yerine getirilir.

Bu sistemin birçok avantajı vardır. Durum ve komut bilgileri elektrik şebekesi üzerinde yayıldığından, mevcut sistem üzerine yeni bir ekleme gerekmemektedir. Bir alıcı anahtar ve spesifik adres ile donatılan armatürler binada istenilen yere monte edilebilir ve istenilen armatür grupları ile istenilen aydınlatma konfigürasyonu programlama ile sağlanabilir. Programlamaya ilaveten algılayıcılar gibi yardımcı malzemelerin kullanılması da mümkündür.

Bu sistemler tek başına kullanılabileceği gibi, bina otomasyon sistemleri ile entegre de olabilirler [21].

5.4 Doğal Aydınlatmaya Bağlı Kontrol

1970'li yıllarda ortaya çıkan enerji krizi, tüm dünyada enerji tasarrufunu gündeme getirmiş ve bu konudaki çalışmaların hızla artmasına sebep olmuştur. Aynı yıllarda İngiltere'de Bina Araştırma Teşkilatı (Building Research Establishment) tarafından aydınlatmada sağlanabilecek enerji tasarrufunu belirlemek amacıyla bir çalışma programı başlatılmıştır. Bu program çerçevesinde pek çok ofiste yapılan gözlem ve deneylerden elde edilen sonuçlar şunlardır:

- Ofislerde, genellikle aydınlatma gün boyu ya sürekli açık ya da kapalıdır.
- Kişiler aydınlatmayı hacme girdiklerinde açmaktadırlar ve gün içerisinde çok nadir olarak kapatmaktadırlar.
- Kişilerin odaya girdiklerinde aydınlatmayı açma olasılıkları, hacimdeki en karanlık noktadaki doğal aydınlık düzeyi ile ilgilidir [22].

Bu çalışmaların sonuçlarından, yapay aydınlatmanın doğal aydınlatmaya bağlı olarak kontrol edilmesi durumunda, önemli enerji tasarrufları sağlanabileceği görülmüştür. Ofislerde yapılan bu gözlemler, doğal aydınlatmanın hacim içinde yeterli aydınlık düzeyini sağladığı durumlarda bile, yapay aydınlatmanın tümüyle devrede olduğunu göstermiştir. Bu da elektrik enerjisinin gereksiz yere tüketilmesi anlamına gelmektedir. Bu çalışmalardan elde edilen bir diğer sonuç ise, kişilerin hacme girdiklerinde doğal aydınlık düzeyinin yeterli olması durumunda aydınlatmayı açmadıkları ve günün ilerleyen saatlerinde doğal aydınlık düzeyinin hacim içinde yeterli aydınlık düzeyini sağlayamaması durumlarında bile yapay aydınlatmayı devreye sokmadıklarıdır. Aydınlık düzeyinin yeterli seviyede olmaması, çalışanların performansını düşürdüğünden iş veriminin azalması söz konusu olmaktadır. Yapay aydınlatmayı doğal aydınlatmaya bağlı olarak kontrol eden sistemlerin kullanılması ile bu sakıncaları ortadan kaldırmak mümkündür.

Yapay aydınlatmanın doğal aydınlatmaya bağlı olarak kontrol edildiği ofislerde %25-%50 enerji tasarrufu sağlanmaktadır [22,23]. Çalışmalar sırasında, kişilerin bu sistemlere karşı olan tepkileri de belirlenmeye çalışılmıştır. İnsanların, loşlaştırma sistemlerini açma-kapama sistemlerine tercih ettikleri ve otomatik kumanda yanında, sisteme elle kumanda edilebilme imkanı istedikleri belirlenmiştir [2].

5.4.1 Kontrol yöntemleri

Doğal aydınlatmaya bağlı kontrol sistemleri üç temel elemandan oluşur:

- 1) Işık algılayıcısı (fotosensör): Üzerine düşen ışık miktarına bağlı olarak elektrik sinyalleri üretir.
- 2) Kontrol ünitesi: Işık algılayıcısından gelen sinyalleri kullanılan algoritmaya bağlı olarak değerlendirerek kumanda sinyallerine çevirir.
- 3) Kumanda birimi: Kontrol ünitesinden gelen sinyallere göre lambalara kumanda eder.

Doğal aydınlatmaya bağlı kontrol stratejisinde, pencerelerden hacime giren doğal aydınlatmaya bağlı olarak, yapay aydınlatma ya anahtarlama suretiyle açılıp kapatılır ya da loşlaştırma düzenleri yardımıyla hacim içindeki toplam aydınlık düzeyi (yapay+doğal) istenilen değerde sabit kalacak şekilde ayarlanır [23].

5.5 Kontrol Algoritmaları

Doğal aydınlatmaya bağlı kontrol sistemlerindeki kontrol ünitesi, ışık algılayıcısından gelen sinyalleri, kullanılan algoritma yardımı ile değerlendirerek lambaların loşluk seviyesini belirler. Yapay aydınlatmayı kontrol etmek için kapalı çevrim kontrol ve açık çevrim kontrol olmak üzere iki temel kontrol algoritması kullanılmaktadır. Her iki tip kontrolde de, kullanılan kontrol algoritması ve algılayıcıların yeri sistemin doğru çalışması açısından büyük önem taşımaktadır [2].

5.5.1 Kapalı çevrim kontrol

Kapalı çevrim kontrolde ışık algılayıcısı, çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyini (doğal+yapay) görecek şekilde yerleştirilir. Algılayıcının çalışma düzlemine yerleştirilmesi, montaj zorluğu ve algılayıcının üzerinin kapanma olasılığı dolayısıyla pratik olmadığından, tavana monte edilir. Bu durumda algılayıcı üzerindeki aydınlık düzeyi, çalışma düzleminde yansıyan doğal ve yapay ışığın toplamından oluşmaktadır. Sistemin doğru çalışabilmesi için algılayıcı yerlerinin doğru seçilmesi önemlidir. Algılayıcılar günışığını ve armatürlerden çıkan ışığı direkt olarak görmeyecek şekilde yerleştirilmelidir. Amaç çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyini belirli bir seviyede tutmak olduğundan, tavana monte edilen algılayıcı üzerinde oluşan aydınlık düzeyi ile çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyi arasındaki oranın doğru belirlenmesi ve sistemin buna göre kalibre edilmesi gereklidir.

Şekil 5.5'de kapalı çevrim kontrolün yapıldığı bir hacim şematik olarak gösterilmiştir. Burada:

S_T : Algılayıcı çıkış sinyali

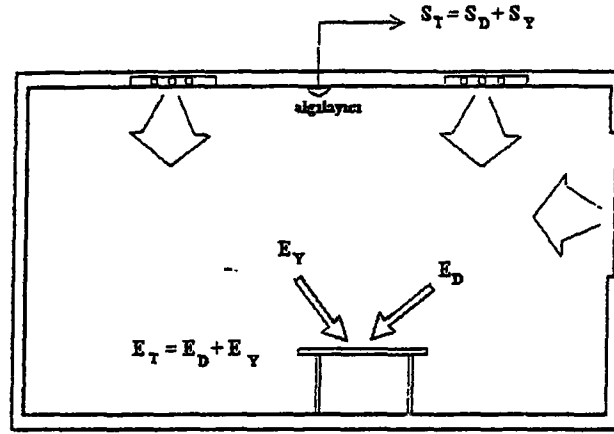
S_D : Algılayıcı çıkış sinyalinin doğal aydınlatmaya ait bileşeni

S_Y : Algılayıcı çıkış sinyalinin yapay aydınlatmaya ait bileşeni

E_T : Çalışma düzlemindeki toplam aydınlık düzeyi

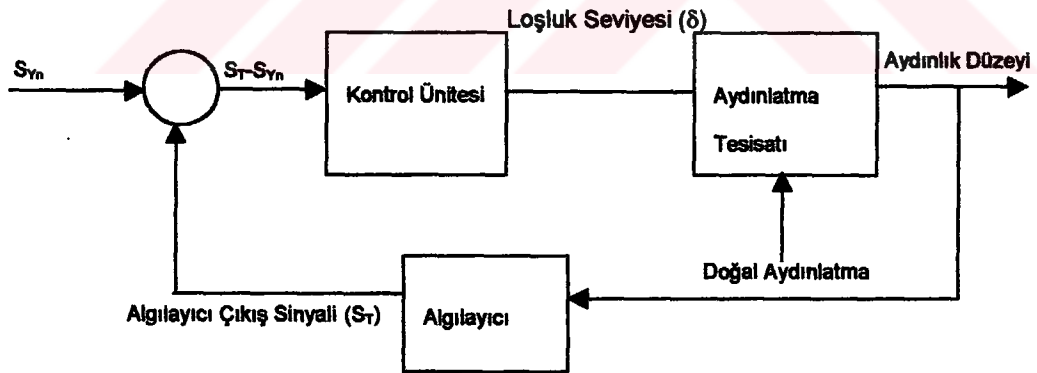
E_D : Çalışma düzlemindeki doğal aydınlık düzeyi

E_Y : Çalışma düzlemindeki yapay aydınlık düzeyini göstermektedir.

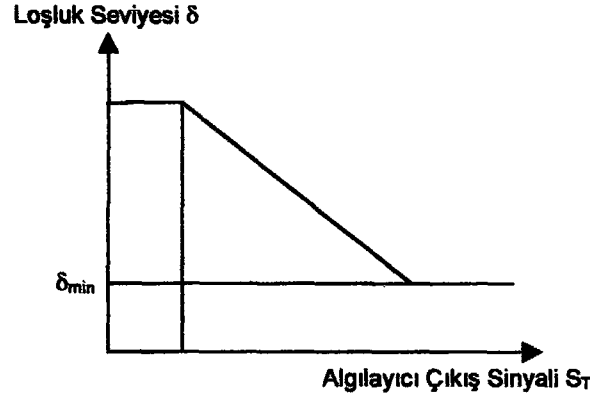


Şekil 5.5 Kapalı çevrim yapılan bir hacmin kesiti

Şekil 5.6'da blok diyagramı verilmiş olan kapalı çevrim kontrolde, lambaların loşluk seviyesi (δ) ile algılayıcının çıkış sinyali S_T arasındaki ilişki Şekil 5.7'de gösterilmiştir.



Şekil 5.6 Kapalı çevrim kontrol için blok diyagram



Şekil 5.7 Kapalı çevrim kontrolde loşluk seviyesinin algılayıcının çıkış sinyaline bağlı olarak değişimi

S_{Yn} , nominal aydınlık düzeyinin sadece yapay aydınlık düzeyi ile sağlandığı, yani yapay aydınlatmanın tümüyle devrede olduğu ve doğal aydınlatmanın bulunmadığı durumdaki algılayıcı çıkış sinyali,

M , sistemin, nominal aydınlık düzeyi (E_{Yn}) elde edilecek şekilde kalibre edildiği t_c anındaki doğal aydınlatma koşullarına göre belirlenen kalibrasyon katsayısı

$$M = \frac{E_D(t_c)}{E_D(t_c) \cdot S_{Yn} - E_{Yn} \cdot S_D(t_c)} \quad (5.1)$$

olmak üzere, sistemin herhangi bir andaki loşluk seviyesi

$$\delta(t) = \begin{cases} M(S_T(t_c) - S_{Yn}) + 1 & 0 \leq S_D \leq \frac{\delta_{min}(1 - M \cdot S_{Yn}) - 1}{M} + S_{Yn} \\ \delta_{min} & S_D > \frac{\delta_{min}(1 - M \cdot S_{Yn}) - 1}{M} + S_{Yn} \end{cases} \quad (5.2)$$

denklemleri ile belirlenir.

5.1 ve 5.2 nolu denklemlerde,

M : Kalibrasyon katsayısı

E : Doğal aydınlatmanın çalışma düzleminde oluşturduğu aydınlık düzeyi

S_{Yn} : $\delta = 1$ için algılayıcı çıkış sinyali

E_{Yn} : Nominal aydınlık düzeyi

S_D : Algılayıcı çıkış sinyalinin doğal aydınlatmaya ait bileşeni

δ : Lambaların loşluk seviyesi ($\delta=1$, yapay aydınlatmanın tümüyle açık olduğu normal duruma karşılık gelmektedir)

S_T : Algılayıcı çıkış sinyali

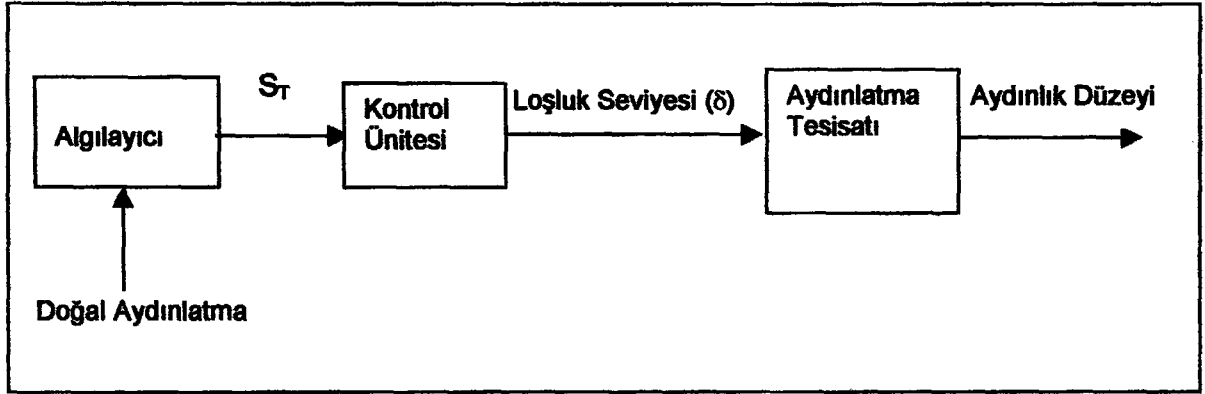
dir.

Kapalı çevrim kontrolde, yapay ve doğal aydınlatmanın birlikte algılayıcı üzerinde oluşturduğu aydınlık düzeyine bağlı olarak kontrol yapıldığından, lamba ışık akılarının zaman içinde azalması, hacim yüzeyleri ve armatürlerin kirlenmesinden dolayı çalışma düzlemindeki toplam aydınlık düzeyinde bir azalma söz konusu olmamaktadır. Yani sistemin başlangıçta bir kere kalibre edilmesi yeterlidir.

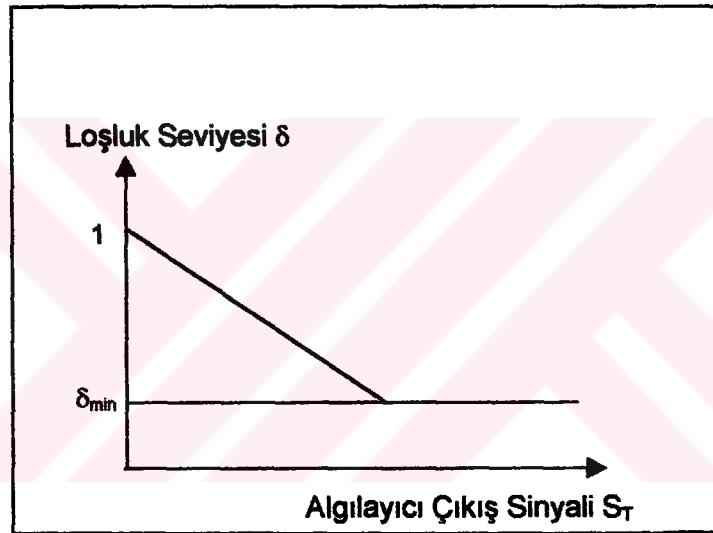
5.5.2 Açık çevrim kontrol

Açık çevrim kontrolde, algılayıcı sadece doğal aydınlatmayı görecektir. Algılayıcı ya dışarıya ya da yapay aydınlatmayı görmeyecek şekilde hacim içine yerleştirilir. Bu tür kontrolde, doğal aydınlatmanın algılayıcı üzerinde oluşturduğu aydınlık düzeyi ile çalışma düzlemi üzerinde oluşturduğu aydınlık düzeyi arasındaki ilişkinin belirlenmesinde problemlerle karşılaşmaktadır. Bu ilişkinin doğru olarak bilinmesi durumunda, binanın çatısına yerleştirilecek tek bir algılayıcı veya algılayıcı grubu ile her bir hacimdeki yapay aydınlatmanın kontrolü mümkün olabilir.

Şekil 5.8'de blok diyagramı verilmiş olan açık çevrim kontrolde, doğal aydınlatmanın algılayıcı üzerinde oluşturduğu aydınlık düzeyi ile çalışma düzleminde oluşturduğu aydınlık düzeyi arasında lineer bir ilişki olduğu kabul edilirse, lambaların loşluk seviyesi (δ) ile ışık algılayıcısı çıkış sinyali (S_T) arasındaki ilişki Şekil 5.9'daki gibi olacaktır.



Şekil 5.8 Açık çevrim kontrol için blok diyagram



Şekil 5.9 Açık çevrim kontrolde loşluk seviyesinin algılayıcı çıkış sinyaline bağlı olarak değişimi

Açık çevrimde kalibrasyon katsayısı,

$$M = \frac{E_D(t_C)}{E_D(t_C) \cdot S_{Yn} - E_{Yn} \cdot S_{Yn} - E_{Yn} \cdot S_D(t_C)} \quad (5.3)$$

olmak üzere, sistemin herhangi bir t anındaki loşluk seviyesi,

$$\delta(t) = \begin{cases} M(S_T(t) + 1) & 0 \leq S_D \leq \frac{\delta_{\min}(1 - M \cdot S_{Yn}) - 1}{M} \\ \delta_{\min} & S_D > \frac{\delta_{\min}(1 - M \cdot S_{Yn}) - 1}{M} \end{cases} \quad (5.4)$$

denklemleri ile belirlenir.

Açık çevrim kontrolde yapay aydınlatma, algılayıcı üzerindeki doğal aydınlık düzeyine bağlı olarak kontrol edildiğinden, lambaların ışık akılarının zaman içinde azalma ve kirlenmesi, yeni bir kalibrasyon yapılmadığı sürece çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyinin nominal değerin altına düşmesine yol açacaktır. Algılayıcının hacim dışına (dış ortama) yerleştirilmesi durumunda ise, güneşliklerin kontrolü aydınlatma kontrolü ile entegre değilse, hacim içindeki doğal aydınlatma düzeyi azalmış olmasına rağmen sistem bunu göremeyeceğinden, çalışma düzlemindeki aydınlık düzeyi istenilen değerin oldukça altına düşecektir.



6. BULANIK MANTIK

6.1 Bulanık Mantık Kavramı

Bilgi tabanlı sistemler, günümüz karmaşık sistemlerinin denetlenmesinde büyük önem taşımaktadırlar. Matematiksel modellerin çıkartılmasını gerektirmeyen bilgi tabanlı sistemler bu özellikleri sebebiyle mühendislikten başka, tıp, ekonomi, fizik, biyoloji gibi bilim dallarında da kullanılmaktadır. Bulanık mantık, sayısal değerlerin sözsöz ifadelerinden yola çıkarak bilgi tabanlı denetleyiciler arasında insan düşünce yapısına yakınlaşmayı sağlamıştır. Bu tür sistemler tek başlarına kullanılabildikleri gibi diğer modern ve klasik sistemlerle de kullanılabilmektedirler [24]. Bulanık küme kavramı ilk olarak 1965 yılında California Berkeley Üniversitesi öğretim üyelerinden aslen Azerbaycanlı Prof. Lotfi Zadeh tarafından yayınlanan bir makalede ortaya atılmış ve hızla gelişerek birçok bilim adamının ilgisini çeken, araştırmaya açık yeni bir konu olmuştur. Bulanık mantıkla kontrol, ilk olarak 1975'de Mamdani ve arkadaşları tarafından bir buhar makinesinin denetimi için bulanık kural tabanlı bir kontrolör geliştirmeleriyle başlamıştır [25].

Mühendislikte ve diğer bilim dallarında sistemler, kesinliği olan matematiksel modelleri kullanmak suretiyle modellenirler. Klasik kontrol teorisi, oluşturulan bu modeller yardımıyla iyi çözümler üretebilir. Fakat sistemin matematik modelinin çok karmaşık olduğu veya kesin bilinmediği durumlarda, klasik mantık ya hiç çözüm üretememekte ya da istenen performansı sağlayamamaktadır [26].

Bulanık mantığın temel amacı, insanların kesin olmayan bilgiler ışığında, doğru karar vermelerini sağlayan, düşünme ve karar verme mekanizmalarının modellenmesidir [27].

Bulanık mantığın temel ilkesini mantıkçılar ilk olarak 1920'lerde "herşey bir derecelendirme sorunudur" diyerek ortaya attılar. Bulanık mantık, olayların oluşum olasılığından çok oluşum derecesiyle ilgilenir. Bundan dolayı bazı bilim adamları bulanık mantığı olasılığın bir devamı olarak düşünmüşlerdir. Fakat olasılık ve bulanıklık birbirlerinden farklı kavramlardır. Olasılık bir şeyin olup olmayacağını

ölçer, doğa olaylarına bağlı bir belirsizliğe sahiptir. Bulanıklık ise bir olayın ne dereceye kadar olduğunu, bir koşulun ne dereceye kadar var olduğunu ölçer [27,28].

Aralarındaki fark basit bir örnekle şu şekilde açıklanabilir: Bir çölde bulunuyorsunuz, bir haftadır su içmemişsiniz, iki cam şişe ile karşılaşıyorsunuz. Birinin üzerinde 0,91 olasılıkla içilebilir su, diğerinin üzerinde ise içilebilir su sınıfına 0,91 olasılıkla aittir yazıyor. Birincisinde 0,91 olasılıkla su olması demek, %9 olasılıkla da renksiz bir sıvı içilebilir demektir. “İçilebilir su” sınıfına belirli bir üyelikle ait olması demek, 0,91 kalitede iyi bir su olduğunu belirtmektedir. Görüldüğü gibi bu iki ifade de belirsizliği tanımlamalarına rağmen birbirlerinden farklıdır [27].

Bulanık mantık, insanların günlük yaşamda çok kullandığı “az”, “çok”, “biraz” gibi dilsel terimlerden yararlanır. Bu şekilde, kesinlik taşıyan ifadeleri “açık/kapalı”, “sıcak/soğuk” diye yumuşatıp “az açık/az kapalı”, “serin/ılık” gibi ifadelere dönüştürerek gerçek dünya ile bağlantı kurmuş olur [29].

Bulanık sistemler bilgi tabanlı ve kural tabanlı sistemlerdir. Bulanık mantığın temeli EĞER-İSE (IF-THEN) kurallarından oluşmaktadır.

Literatürde bulanık mantık için iki şekilde açıklama yapılmaktadır [25]:

1. Gerçek dünya çok net ve açık tanımlamalar yapmak için fazlasıyla komplikedir. Bundan dolayı bir yaklaşıklık yapmak zorunluluğu vardır.
2. Gerçek sistemler için önemli bilgiler iki kaynaktan elde edilir. Birincisi, insan tecrübesi, ikincisi ise algılayıcı ölçümleri ve fiziksel kanunlardan çıkarılan matematiksel modellerdir. Amaç, bu iki bilgi kaynağını kullanarak sistem tasarımını yapmaktır. Bunu oluşturmada karşılaşılabilecek temel problem insan tecrübesi ve bilgisini, matematiksel modele ve algılayıcı ölçümlerine göre formüle etmektir.

İlk önceleri sadece teorik bir araştırma olarak çıkan bulanık mantık, artık günümüzde pek çok sahada uygulama alanı bulmuştur. Her geçen gün gerek teorik alanda, gerekse uygulama alanında gelişmesini sürdürerek, biz mühendisler için önemli bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır.

6.1.1 Bulanık mantık ile klasik mantığın karşılaştırılması

Klasik ve bulanık mantık arasındaki farkın temelinde, Aristoteles’in “orta terimin yokluğu yasası” olarak adlandırdığı şey yatmaktadır. Standart küme kuramında,

herhangi bir nesne bir kümeye ya aittir, ya da değildir. Bunun ortası yoktur. Beş sayısı kesinlikle tek sayılar kümesine aittir ve asla çift sayılar kümesine ait olamaz. Bu tür iki değerli kümelerde bir nesne hem bir kümeye, hem de onun tamamlayıcısı olan kümeye ait olamaz. Ayrıca bu iki kümeden hiçbirine ait olmaması da söz konusu değildir. Bu ilke mantığın yapısına ters düşmektedir.

Bulanık kümeler ise bir dereceye kadar, dışarıda bırakılmış orta terimin yokluğu yasasına uymaz. Elemanlar bulanık bir kümeye kısmen aittir. Ayrıca aynı anda birden çok kümeye de ait olabilirler. Hava, tek bir kişiye bile değişik derecelerde serin, ılık ya da sıcak gelebilir. Standart kümelerin sınırları kesin, bulanık kümelerin sınırları ise eğridir ya da giderek yok olur. Ve bu eğrilik kısmi çelişkiler yaratır. Hava, %20 “serin” olabilir ve aynı anda %80 “serin-değil” olabilir.

Bulanık mantığı eleştiren kişilerinin gözünden kaçan bir nokta, bulanık derecelerin olasılık yüzdeleriyle aynı şey olmayışındır. Olasılıklar, bir şeyin olup olmayacağını ölçer. Bulanıklık ise bir olayın ne dereceye kadar var olduğunu ölçer. “%30 olasılıkla hava serin olacak” önermesi serin hava olasılığını dile getirir. Fakat “sabah hava %30 serin gibi geliyor” önermesi, hava bir dereceye kadar serin, aynı zamanda da değişen derecelerde ılık ve sıcak demektir.

Bulanık mantık konusundaki tek kısıtlama, bir nesnenin tamamlayıcı gruplardaki üyelik derecelerinin toplamının “1” olması koşuludur. Eğer hava %20 serine benziyorsa %80 de “serin-değil” olmalıdır. Bulanık mantık bu yolla, klasik mantığı geçersizleştiren bir şeyin %100 “serin değil” olması gibi, çift değerli çelişkilerden kaçınır. Orta terimin yokluğu yasası bulanık mantıkta yalnızca, bir nesnenin %100 tek bir gruba ait olduğu özel bir durum olarak geçerlidir [30].

Bu yüzyılın başında Bertrand Russel, modern küme kuram ve mantığının tam merkezinde, eski bir Yunan paradoksunu bulmasıyla bulanık mantık üzerinde modern incelemelere başladı. Bir bilmeceye göre Giritli bir kişi, bütün Giritlilerin yalan söylediğini ileri sürer. Peki bu Giritli yalan mı söylüyor? Eğer yalan söylüyorsa o zaman gerçeği söylüyordur. Dolayısıyla da yalan söylemiyordur. Yalan söylemiyorsa o zaman gerçeği belirtiyordur. Dolayısıyla da yalan söylüyordur. Her iki durumda da bir çelişkiye yol açar. Çünkü önerme hem doğrudur hem de yanlıştır.

Böyle bir bilmeceyle karşılaşınca klasik mantık teslim olur. Ancak bulanık mantık yanıtın yarı doğru yarı yanlış olduğunu söylemektedir. Giritli ifadelerinin %50’si doğru, %50’si de yanlıştır. Giritli zamanın %50’sinde yalan söylüyor, öteki yarısında söylemiyor demektir [28,30].

6.2 Bulanık Mantık Kontrolün Üstünlükleri

Bulanık mantık akıllı fonksiyonların bulunduğu sistemlerin geliştirilmesine elveren bir teknolojidir. Bulanık mantığın üstünlükleri aşağıda incelenmiştir.

6.2.1 Bulanık mantık kontrolün teorik üstünlükleri

1) Bir sistemin matematiksel modelinin elde edilmesinin çok güç olduğu durumlarda, en önemli bilgiler iki kaynaktan alınır.

Birincisi, sistemdeki durum değişkenlerinin sayısal değerlerini gösteren algılayıcılardır. Diğeri ise operatör deneyimleridir ki bunlar sistem hakkında operatörün dilsel komutlarını ve kontrol talimatlarını içerirler.

Bulanık kontrol bu bilgilerden yararlanırken klasik kontrol bu bilgilerden faydalanamaz. İyi mühendislik yaklaşımının, mevcut olan bütün bilgilerin kullanımını gerektirdiği düşünülürse, sistem hakkındaki bilgilerin bu türden olduğu durumlarda bulanık kontrol en iyi çözüm yoludur.

2) Bulanık kontrol, serbest model yaklaşımına dayanır. Kontrol edilecek sistemin matematiksel modeline ihtiyaç duymaz. Günümüzde kontrol mühendislerinin çok daha kompleks sistemlerle karşılaştıkları düşünülürse bu tür proseslerin matematiksel modelinin çıkarılması oldukça güçtür. Bu yüzden serbest model yaklaşımı artan bir öneme sahiptir.

3) Bulanık kontrol ile elde edilen kontrolör nonlineer kontrolördür. Bu sebepten dolayı bulanık kontrolörün parametreleri dikkatlice seçilerek nonlineer sistemleri kontrolü de yapılabilir.

6.2.2 Bulanık mantık kontrolün pratik üstünlükleri

1) Bulanık kontrol insanın kontrol stratejisini taklit ettiğinden dolayı anlaşılması kolaydır.

2) Gerçeklenmesi basittir, çok sayıda paralel işleme izin verir.

3) Diğer sistemlere göre yazılımları basit olduğundan, uygulamalar ucuza mal olmakta ve yapılan işler basitleşmektedir. Bu yüzden bulanık kontrol yüksek performans/maliyet oranına sahip bir yaklaşımdır [29,31].

6.2.3 Bulanık mantık kontrolün sakıncaları

- 1) Bulanık mantık uygulamalarında kullanılan kurallar mutlaka uzman deneyimlerine ve bilgilerine bağlı olarak oluşturulmalıdır.
- 2) Üyelik fonksiyonları deneme yanılma yoluyla bulunduğundan çok zaman alabilir.
- 3) Bulanık mantık ile oluşturulan bir sistemin kararlılık analizi yapılamaz, sadece benzeşim yapılabilir [32].

6.3 Bulanık Mantığın Uygulama Alanları

Geçen birkaç yıl boyunca, bulanık mantık oldukça büyük bir uygulama alanı bulmuştur. Özellikle bulanık küme teorisi üzerine yapılan araştırmaların yerine oturması ve çoğu alanda, bulanık mantıklı sağduyulu modellerin standart matematik modellerden daha yararlı sonuçlar vermesi nedeniyle, bulanık mantık günümüzün en önemli konularından biri olmuştur.

Bulanık mantığın ilk önemli uygulaması çimento sanayinde olmuştur. Bu sanayide değirmen içerisindeki sıcaklık ve oksijen oranı, kaliteli bir ürün elde etmek için son derece önemlidir. Ayrıca ısı ve karbonmonoksit oranı gibi bilgilerin doğruluğu da iyi bir çalışma düzeni elde edilebilmesi için gereklidir. Bu şartlar altında 1980 yılında Danimarka'da bir firma, geleneksel kontrolör yerine bir bulanık mantık kontrolör kullanmış ve çok başarılı sonuçlar veren bir uzman sistem geliştirmiştir.

İkinci ve aynı zamanda en önemli bulanık kontrol uygulaması 1987 yılında Japonya'da taşımacılık alanında gerçekleştirilmiştir. Bu Sendai'de kullanılan, gerek insan sürücülerden, gerekse geleneksel otomatik kontrolörden daha iyi çalışan metro freni kontrolüdür. Sendai Metrosu kontrolünün böyle bir bulanık mantık sistemine terk edilmesinden sonra, bu alandaki çalışmalarda ve uygulama alanlarında son derece büyük bir artış olmuştur. Özellikle Japonya'da bulanık denetimli ev aletleri ve elektronik ürünler güncel yaşamın bir parçası haline gelmiştir.

Bulanık mantığın önemli uygulama alanlarını kısaca özetleyecek olursak; çimento sanayi, su arıtma sistemleri, buhar türbini, nükleer reaktör, asansör ve vinç denetimleri, otomobillerin hız ve seyahat kontrolü, uçakların uçuş denetimi, otomatik tren çalışmaları, gemiler için optimal rota seçimi ve çeşitli ev aletleri gibi uygulama alanlarından bahsedebiliriz [33,34].

Ayrıca, bulanık sistem teorisini, belirsiz sistem ve karar süreçlerinin gelişen modellerine ait başlama noktası kabul ettiğimiz için aşağıdaki uygulama alanları geliştirilebilir.

- 1) Yönetim ve sosyal problemler için kullanılabilen insan modellerinin yapılması,
- 2) Otomasyon ve bilgi sistemlerinde kullanım için yüksek derecede insan yeteneklerinin taklidi,
- 3) İnsan ve makineler arasındaki insan orijinli arabirimlerin oluşturulması,
- 4) Diğer sosyal ve yapay zeka uygulamaları (risk analizi ve tahmin, fonksiyonel aygıtların gelişimi v.s.).

Yapılan bu tez çalışmasında bulanık mantığın aydınlatma sistemlerine uygulanabilirliği araştırılmıştır. Çeşitli bulanık kontrolör uygulamalarına ait örnekler aşağıda verilmiştir [32].

6.3.1 Bulanık kontrollü çamaşır makineleri

Bulanık kontrollü çamaşır makineleri bulanık kontrolün uygulandığı en önemli tüketici ürünlerinden biridir. 1990'da Matsushita Elektrik tarafından Japonya'da üretilmiştir. Bulanık sistem, çamaşır makinesindeki çamaşırların kirlilik oranına ve miktarına bağlı olarak yıkama süresini ve kullanılacak su miktarını ayarlamaktadır. Bu uygulamada kullanılan bulanık sistemde üç giriş ve iki çıkış mevcuttur. Giriş olarak çamaşırların kirlilik miktarı, türü ve çamaşırın miktarı alınmaktadır. Çıkış olarak yıkama süresi ve kullanılan su miktarı ayarlanmaktadır. Optik algılayıcıyla kirliliğin yağlı veya çamurlu olup olmadığı ve bir yük algılayıcısıyla da çamaşırın miktarı anlaşılmaktadır. Algılayıcılardan alınan bilgiler daha fazla çamaşır miktarı ve kirlilik oranı, daha fazla yıkama süresi ve daha fazla yıkama suyu kullanılması gerektiğini göstermektedir. Bu dilsel tanımlamalar EĞER-İSE kurallarıyla bulanık sistemi kurmak için kullanılmıştır.

6.3.2 Dijital görüntü düzeltme

Video kamera kullanırken sarsıntısız olarak çekim yapmak oldukça zordur. Japonya'da Matsushita firması, el titrerken çekilen görüntüyü düzelten bulanık sistem mantığının kullanıldığı bir video kamera geliştirmiştir. Bu projede de bulanık sistem mantığında yine dilsel değişkenlerden yararlanılmıştır.

EĞER görüntüdeki bütün noktalar aynı yönde kayıyor İSE el titriyor.

EĞER görüntüdeki sadece bazı noktalar kayıyor İSE el titremiyor.

Görüntü düzeltici mevcut kareyi bir önceki kareyle karşılaştırarak düzeltme yapmaktadır. Eğer bütün noktalar kaymış gözüküyorsa, elin titrediği anlaşılmakta ve bulanık sistem karedeki kaymayı kompanze etmektedir.

6.3.3 Arabalarda kullanılan bulanık sistemler

Otomobiller birçok sistemin bir arada olduğu kompleks bir süreçtir ve bulanık mantık, fren, vites, motor gibi hemen hemen bütün bölümlerde uygulanmıştır. Örneğin, Nissan yakıt kullanımını %12 ile 17 arasında azaltan bulanık otomatik güç aktarımı konusunda patent almıştır. Nissan ayrıca frende kilitlenmeyi önleyen bulanık bir sistem geliştirmiştir. Buradaki sorun frene çok fazla basıldığı taktirde kilitlenme olmaksızın frenlemeyi sağlamaktır. Dilsel tanım olarak aşağıdaki ifade belirlenmiştir:

“EĞER araba çok hızlı yavaşlıyor İSE sistem frenlemeyi üzerine alır ve fren üzerindeki basıncı düşürür” [25].

6.4 Bulanık Küme Kavramı

İlk defa, Prof. Zadeh tarafından ortaya atılan bulanık küme teorisi, klasik küme teorisine yeni bir anlayış getirmiştir. Bulanık mantığın (fuzzy logic) temel kavramı bulanık kümelerdir. Küme kavramı kulağa matematiksel gelebilir ama anlaşılması kolaydır. Örneğin “orta yaş” kavramını inceleyecek olursak, bu kavramın sınırlarının kişiden kişiye değişiklik gösterdiğini görürüz. Kesin sınırlar söz konusu olmadığı için, matematiksel olarak da kolayca formüle edemeyiz. Ama genel olarak 35 ile 55 yaşları orta yaşlılık sınırları olarak düşünülebilir. Küme sınırlarındaki bu belirsizlik, bulanık küme teorisinde 0 ve 1 arasında değerler alabilen “üyelik dereceleri” ile ifade edilir. Klasik küme teorisinde ise üyelik dereceleri yalnızca 0 ve 1 değerlerini alabilirler. Kısaca bir kümenin elemanları o kümeye [0,1] arasında değişen üyelik dereceleri ile ait oluyorsa bu tür kümelere “bulanık kümeler” denir [35].

Bulanık küme kavramını daha iyi anlayabilmek için şöyle bir örnek verebiliriz:

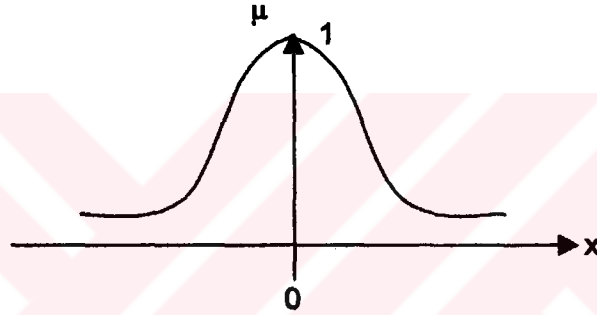
Z sıfıra yakın sayıların kümesi olsun. Z için mümkün olan üyelik fonksiyonu

$$\mu_z(x) = e^{-x^2} \quad (6.1)$$

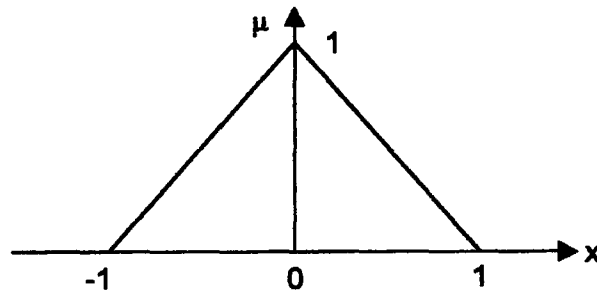
Bu Gaussian fonksiyon sıfıra yakınlık üyelik fonksiyonu $\mu_z(0) = e^0 = 1$ 'dir. Üyelik fonksiyonunu şu şekilde de tanımlayabiliriz.

$$\mu_z(x) = \begin{cases} 0 & , \text{eğer } x < -1 \\ x+1, & \text{eğer } -1 \leq x < 0 \\ 1-x, & \text{eğer } 0 \leq x < 1 \\ 0 & , \text{eğer } 1 \leq x \end{cases} \quad (6.2)$$

μ_z üyelik fonksiyonuna göre -1 ve 1 arasındaki sayılar 0 ve 1 arasında üyelik derecesine sahiptir. Şekil 6.1 ve Şekil 6.2'de sırasıyla seçilen üyelik fonksiyonlarının grafiksel ifadesi görülmektedir.



Şekil 6.1 Sıfıra yakın olan sayılar için Gaussian üyelik fonksiyonu



Şekil 6.2 Sıfıra yakın olan sayılar için üçgen üyelik fonksiyonu

Yukarıdaki örnekten üç önemli sonuç çıkmaktadır.

1) Örnekte sıfıra yakın olan sayıları tespit ederken kesin bir tanım yoktur. Bundan dolayı problemi çözerken farklı üyelik fonksiyonları tanımlanabilir. Üyelik

fonksiyonları tek başlarına kesin matematiksel fonksiyonlardır. Bir bulanık problem için üyelik fonksiyonu belirlendiği zaman bulanıklık durumu ortadan kalkar.

2) Bir bulanık problem için üyelik fonksiyonu tanımlanırken iki yöntem söz konusudur. Birinci yöntem, üyelik fonksiyonlarını belirlerken insan tecrübesi ve bilgisinden yararlanmaktır. İkinci yöntem ise, çeşitli algılayıcılar aracılığıyla toplanan bilgilerden yararlanarak üyelik fonksiyonlarını oluşturmaktır.

3) Bir bulanık küme üyelik fonksiyonuyla bire-bir ilişkiye sahiptir. Yani bir bulanık küme ile ilgili sadece bir üyelik fonksiyonu olmalıdır [25].

Bir A bulanık kümesi düşünelim. x A kümesinin bir elemanı, $\mu_a(x)$ üyelik fonksiyonu, X ise A kümesinin tanımlandığı evren olmak üzere,

$$A = \{(x, \mu_a(x)) \mid x \in X\} \quad (6.3)$$

şeklinde tanımlanabilir. Burada adı geçen üyelik fonksiyonu bir kümenin elemanlarının o kümeye hangi üyelik derecesi ile ait olduğunu gösteren ve $[0,1]$ arasında değerler alan bir fonksiyondur [36].

6.5 Bulanık Kümelerle İlgili Temel İşlemler

Üyelik fonksiyonları sırasıyla μ_A ve μ_B olan, X evreninde tanımlanmış A ve B iki bulanık küme olmak üzere, klasik küme teorisinde tanımlanan temel işlemler bunlar için de tanımlanabilir.

- **Eşitlik:** A ve B kümeleri ancak ve ancak her $x \in X$ için $\mu_A(x) = \mu_B(x)$ ise eşittir.
- **Kapsama:** Eğer her $x \in X$ için $\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$ ise B kümesi A kümesini kapsar ve $A \subset B$ şeklinde gösterilir.
- **Tümleyen:** Bir bulanık kümenin tümleyeni de bir bulanık kümedir ve üyelik fonksiyonu şu şekilde belirlenir.

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (6.4)$$

- **Birleşme:** A ve B bulanık kümelerinin birleşimi $A \cup B$ ile gösterilir. Ve üyelik fonksiyonu;

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (6.5)$$

- **Kesişim:** A ve B bulanık kümelerinin kesişimi $A \cap B$ ile gösterilir ve üyelik fonksiyonu;

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad (6.6)$$

şeklinde tanımlanır [25].

6.6 Bulanık İlişki

Etkin bir kontrol çalışması için, sistem girişleri ve çıkışları arasında bir ilişki oluşturmak gerekir. Bu tür bir ilişki bulanık koşullu önerme kullanılarak sağlanabilir. U evreninde tanımlanmış bulanık A giriş değişkeni ile Y evreninde tanımlanmış bulanık B çıkış değişkeni arasındaki koşullu önerme, dilsel bir önermeyle verilir.

- $A \rightarrow B$ veya
- Eğer A ise B (If A then B)

Bu önermeye göre {giriş koşulu A}, {çıkış koşulu B}'yi gerektirir. Burada A neden, B ise sonuçtur. Bir otomobil sistemi için dilsel gerektirme bağıntısına bir örnek yakıt ve hız için şöyle olabilir.

Eğer {giren yakıt çok} ise {hız 20 mil/saat'ten çok büyüktür}

$$R = A \times B$$

Sonlu kümeler için R aşağıda gösterilen üyelik fonksiyonuna sahiptir ($u \in U, y \in Y$).

$$\mu_R(u, y) = \mu_{A \times B}(u, y) = \min[\mu_A(u), \mu_B(y)] \quad (6.7)$$

sonuç olarak bulanık ilişki R'yi

$$R = \{(u, y) / \min[\mu_A(u), \mu_B(y)] \mid u \in U, y \in Y\} \quad (6.8)$$

şeklinde ifade edebiliriz.

6.7 Bileşke Bulanık İlişki

R ve S olmak üzere iki bulanık ilişki tanımlayalım. $R: A \times B \rightarrow [0,1]$ ve $S: B \times C \rightarrow [0,1]$ olsun. Bu durumda A'dan B'ye tanımlanmış bileşke bulanık ilişki ,

$$R \otimes S = U_{A \times C} \{ \max(a,c) / \min[M_R(a,b) M_S(b,c)] \} \quad (6.9)$$

şeklinde tanımlanabilir.

Uygulamada en çok kullanılan bileşke bulanık ilişki sup-min bulanık ilişkisidir.

$$R: A \times B \rightarrow [0,1] \quad S: B \times C \rightarrow [0,1] \text{ olmak üzere}$$

$$R \otimes S = (a,c) = \sup_{b \in B} \{ \min[R(a,b), S(b,c)] \} \quad (6.10)$$

ile sup-min bileşke ilişkisi tanımlanır. Bu ifade a'dan b'ye olan bulanık ilişki ile b'den c'ye olan bulanık ilişkilerin güçsüz olanlarından bir küme oluşturmayı ve bu güçsüzlerin en güçlüsünü seçmeyi ifade eder. Kısaca sup-min ilişkisi kötülerin en iyisi anlamına gelir.

6.8 Normal Bulanık Küme

Üyelik fonksiyon derecesi 1 olan A bulanık kümesine "normal bulanık küme" denir.

$$\max \mu_A(x) = 1 \quad x \in X \quad (6.11)$$

şeklinde ifade edilir.

6.9 Konveks Bulanık Küme

Bulanık kümenin üzerinde tanımlandığı söylem evreninin destekleme kümesi olarak adlandırılabilceği düşüncesiyle; eğer bir destek kümesi, gerçek bir sayı kümesi olduğunda ve herhangi bir $[a,b]$ aralığında tüm $x \in [a,b]$ için aşağıdaki formül geçerli ise,

$$\mu_A(x) \geq \mu_A(a) \wedge \mu_A(b) \quad (6.12)$$

A bulanık kümesi konveks bulanık kümedir [37].

6.10 Bulanık Sayılar

X evreninde tanımlanan F bulanık kümesi normal ve konveks ise bulanık küme “bulanık sayı” olarak adlandırılır.

$$\begin{aligned} \max \mu_F(x) &= 1 \quad (\text{normal}) \quad x \in X \\ \mu_F(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) &\geq \min(\mu_F(x_1), \mu_F(x_2)) \quad (\text{Konveks}) \\ x_1, x_2 &\in X \quad \lambda \in [0,1] \end{aligned} \quad (6.13)$$

şartlarını sağlayan F bulanık kümesi “bulanık sayı”dır [38].

6.11 Dilsel Değişkenler

Rakamsal olarak ifade edilen bir değişkeni matematiksel olarak formüle etmek daha kolaydır. Fakat rakamsal değerlerin yerini kelimeler almaya başladığı zaman bu bilgiyi formüle etmek için klasik matematiksel kurallar yetersiz kalmaktadır.

Günlük hayatımızda kelimeler çoğunlukla değişkenleri ifade etmek için kullanılır. Örneğin, “bugün hava çok sıcak” veya “bugün hava sıcaklığı yüksek”. Burada hava sıcaklığı kelimesi yüksek değişkeniyle tanımlanmaktadır. Bunların yerine 19°C veya 25°C gibi rakamsal ifadeler de kullanılabilir.

Bir dilsel değişken (X, T, U, M) ile ifade edilir.

X: Dilsel değişkenin ismidir.

T: Dilsel değişken X'in alabileceği değerlerdir.

U: X'in değişken değerler alabileceği gerçek fiziksel domeni göstermektedir.

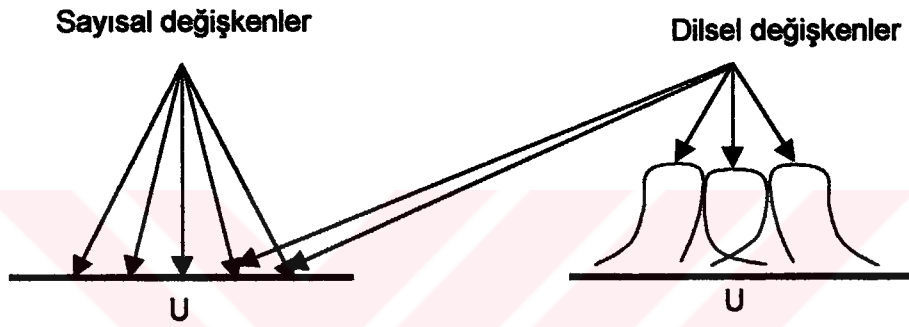
M: Bulanık küme U ile dilsel değişken değeri T'yi birbirine bağlayan anlamsal kurallardır.

Örneğin, bir arabanın hızını dilsel değişken olarak düşünelim. Dilsel değişkenin alabileceği değerler,

$T(\text{hız}) = \{\text{yavaş, orta, hızlı, çok yavaş, çok hızlı....}\}$

olarak tanımlanabilmektedir.

$U=[0,100]$ arasında olmak üzere, dilsel değişken T için şöyle bir yorum yapabiliriz. 40 km/h'e kadar olan hızlar için yavaş, 40 km/h ile 70 km/h arasındaki hızlar için orta hızlı, 70 km/h üzerindeki hızlar için hızlı tanımını yapabiliriz. Aşağıdaki şekilden de görüldüğü gibi 40 km/h ile 70 km/h arasındaki hızlar için tam bir dilsel üyelik fonksiyonu yoktur. Şekil 6.3'de hız için tanımlanan bir üyelik fonksiyonu görülmektedir [25].



Şekil 6.3 Sayısal değişken ve dilsel değişkenler

7. BULANIK MANTIK KONTROLÖRLER

Bu bölümde bulanık mantık kontrolörlerin (BMK) genel yapısından bahsedilecek ve kontrolörü oluşturan birimler hakkında bilgi verilecektir.

Klasik kontrolörler matematiksel modeli bilinen süreçlere uygulanır ve kontrolör bu matematiksel modele göre tasarlanır. Bulanık kontrolörler ise matematiksel modeli tam olarak elde edilemeyen, çok parametrelili ve nonlineer süreçlere uygulanmaktadır. Son yıllarda mikroişlemci teknolojisindeki gelişmeler, bulanık kontrolörün artan bir ilgi ile birçok alanda kullanılmasına neden olmuştur. Bulanık kontrolörler uzman bir sistem olduğundan, sürecin kontrolünde uzman bilgisine başvurulmaktadır. Uzman bilgisi EĞER-İSE kuralları haline getirilir ve bulanık kontrolör algoritmasında kullanılır. Eğer uzman bilgisine ulaşılamıyorsa bulanık kontrolör tabanını oluşturmak için; varsa matematiksel model, simülasyonlar, sürecin bulanık modeli ve çeşitli öğrenme algoritmaları kullanılır [25].

Tablo 7.1'de, bulanık mantık kontrol literatürünün önemli evreleri tarih sırasına göre verilmiştir [36].

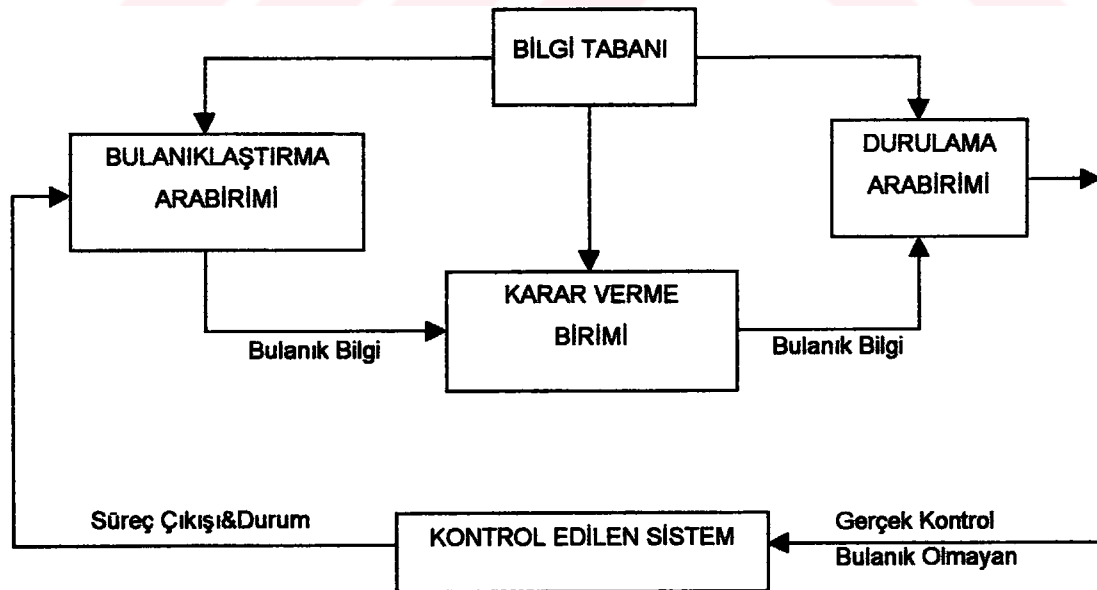
Tablo 7.1 BMK'nın tarihçesi

1972	Zadeh	Bulanık kontrolün öne sürülmesi
1973	Zadeh	Dilsel yaklaşım
1974	Mamdani & Assilian	Buhar motoru kontrolü
1976	Rutherford	Kontrol algoritmalarının analizi
1977	Ostergaard	Isı değiştirici ve çimento fırın kontrolü
1977	Willaeys	Optimal bulanık kontrol
1979	Komolov	Sonlu otomasyon
1980	Tong	Atık suyun değerlendirilmesi

1980	Fukami,Mizumoto ve Tanaka	Bulanık koşul çıkarımı
1983	Hirota ve Pedrycz	Olasılıklı bulanık kümeler
1983	Takagi ve Sugeno	Bulanık kontrolün türetilmesi
1983	Yasunubo,Miyamoto	Tahmini bulanık kontrol
1984	Sugenu ve Murakabi	Bir arabanın park etme kontrolü
1985	Kiszka ve Gupta	Bulanık sistem kararlılığı
1985	Togai ve Watanabe	Bulanık yonga
1986	Yamakawa	Bulanık kontrolör donanım sistemi
1988	Dubois ve Parade	Yaklaşık muhakeme

7.1 Bulanık Mantık Kontrolörün Temel Yapısı

BMK, Şekil 7.1'de görüldüğü gibi dört temel bileşenden oluşmuştur. Bulanıklaştırma Arabirimi,Bilgi Tabanı,Karar Verme Mantığı ve Durulaştırma Arabirimi



Şekil 7.1 BMK'nın temel bileşenleri

7.1.1 Bulanıklaştırma arabirimi

Aşağıdaki fonksiyonları içerir,

- a) Giriş değişkenlerinin değerlerini ölçer.
- b) Giriş değerlerini uygun bulanık kümelerine üyelik fonksiyonuyla birlikte eşleme yapar. Örneğin 25 km/h olarak ölçülen bir giriş değişkeni “yavaş” dilsel değişkenine uygun bir üyelik derecesi ile dönüştürülür.
- c) Söylem evrenine ilişkin giriş değişkenleri, değer dağılım aralığına dönüştüren derecelendirmeyi sağlar.

7.1.2 Bilgi tabanı

Uygulama domen bilgisi ve mevcut olan kontrol amaçlarını oluşturur. Bilgi tabanı ve dilsel kontrol tabanından meydana gelmektedir.

- a) Bilgi tabanı, dilsel kontrol kurallarını ve bulanık bilgi işlenmesi için gerekli olan ifadeleri sağlar.
- b) Kural tabanı, kontrol stratejisini ve kontrol amaçlarını belirler.

7.1.3 Karar verme birimi

BMK'nın çekirdek kısmıdır. Bu kısım insanın karar verme yeteneğinin benzeri bir yolla bulanık kavramları işler ve çıkarsamalar yaparak gerekli kontrolü belirler. Burada birçok bulanık gerçeğe yapılır.

7.1.4 Durulama arabirimi

Aşağıdaki fonksiyonları sağlar,

- a) Ölçekleme; söylem evrenine ilişkin çıkış değişkenlerini değer dağılım aralığına dönüştürür.
- b) Durulaştırma; çıkarılan bulanık kontrol hareketinden bulanık olmayan kontrol hareketini oluşturur.

Kısacası, bulanık bir bilgiden bulanık olmayan ve uygulamada kullanılacak gerçek değerlere geri dönülür.

7.2 Bulanık Koşullu İfadeler ve Bulanık Kontrol Kuralları

Bir BMK'da, bulanık bir sistemin dinamik davranışı, uzman bilgisine dayanarak dilsel tanımlı kural kümesi ile ifade edilir. Uzman bilgisi genelde şu şekilde verilir.

EĞER (Durum kümesini karşılar) İSE (Sonuçların kümesini karşılar)

Öncel ve sonuçları dilsel terimlerle birleştirilen EĞER-İSE kurallarına bulanık durum ifadeleri adı verilir. Bir bulanık kontrol kuralı bir bulanık koşul ifadesidir. Bir neden ve sonuçtan oluşur. Bu kurallar, kontrol politikasını ve domen bilgisini ifade etmek için uygun bir yoldur. Bulanık kontrol kurallarındaki nedenler ve sonuçlar birden fazla olabilir. Bu durumda sistem, çok girişli ve çok çıkışlı sistem olarak ifade edilecektir. Örnek olarak iki girişli-bir çıkışlı bir bulanık sistem ele alalım ve onun bulanık kontrol kurallarını inceleyelim.

R_1 : EĞER $x=A_1$ ve $y=B_1$ İSE $z=C_1$

R_2 : EĞER $x=A_2$ ve $y=B_2$ İSE $z=C_1$

... ..

... ..

R_n : EĞER $x=A_n$ ve $y=B_n$ İSE $z=C_n$

Burada x ve y süreç durum değişkenleri, z kontrol değişkeni, A_i , B_i , C_i ; U , V , W söylem evreninde tanımlanmış sırasıyla x , y , z dilsel değerleridir. $i=1,2,\dots,n$ kural indisidir.

"EĞER $x=A_i$ ve $y=B_i$ İSE $z=C_i$ "

şeklindeki bir bulanık kontrol kuralı aynı zamanda bulanık bir gerçeylemedir. Aşağıdaki gibi tanımlanır.

$$\mu R_i = \mu(A_i \text{ ve } B_i \rightarrow C_i)(u,v,w)$$

$$\mu R_i = [\mu A_i(u) \text{ ve } \mu B_i(v)] \rightarrow \mu C_i(w) \quad (7.1)$$

A_i ve B_i bulanık kümeler olmak üzere $A_i \times B_i \in U \times V$ 'dir.

$R_i(A_i \text{ ve } B_i) \rightarrow C_i$; $U \times V \times W$ 'deki bulanık gerçeylemedir.

7.3 Operatörler

7.3.1 Bulanıklaştırma operatörü

Bulanıklaştırma operatörü, gerçek bir bilgiyi bulanık kümelere dönüştürür. Sembolik olarak şu şekilde gösterilir.

$$X=\text{Bulanıklaştırıcı}(X_0)$$

Burada X_0 reel bir sayı, X ise bir bulanık kümedir.

7.3.2 Cümle birleştirici operatörler

Bir BMK, bir çok bulanık kontrol kurallarından oluşur. Bu kurallar bulanık gerçekleştirme ve sub-star bileşke kural çıkarsamalarından oluşur. Bulanık kontrol kuralları; "ve(and)", "also(aynı zamanda)" gibi cümle bağlayıcıları kullanılarak birleştirilir. Her bulanık kontrol kuralı, bir bulanık bağıntıyla ifade edilebilir. Bir bulanık sistemin tüm davranışı, bulanık bağıntılarla karakterize edilir. Başka bir deyişle, bulanık sistem bulanık kontrol kurallarının kombinasyonundan oluşmuş tek bir bulanık ilişki ile karakterize edilebilir. Sembolik olarak;

$$R=\text{Kombinasyon}(R_1, R_2, \dots, R_i, \dots, R_n)$$

şeklinde ifade edilir.

7.3.3 Durulaştırma operatörü

Çıkarım sürecinin çıkışı, kontrol hareketinin olası bir dağılımını belirten bulanık bir kümedir. Yani uygulanması gereken kontrol bulanık bir küme olarak elde edilir. Fiziksel sistemde reel bir büyüklük gerektiğinden elde edilen bulanık kümenin gerçek bir büyüklüğe dönüştürülmesi gerekir. Bu işleme "durulama" işlemi denir.

$$z_0=\text{Durulaştırıcı}(z)$$

burada z_0 bulanık olmayan kontrol çıkışı, z ise bulanık kümedir [36].

7.4 Bir BMK'nın Tasarım Parametreleri

1- Bulanıklaştırma stratejileri ve bulanıklaştırma operatörünün yorumu

2- Bilgi tabanı,

- a) Giriş-çıkış uzayları için ayrıklaştırma/normalizasyon
- b) Giriş-çıkış uzaylarının bulanık bölümlenmesi
- c) Bütünsellik
- d) Temel bulanık kümenin üyelik fonksiyonunun seçimi

3- Kural tabanı,

- a) Süreç durum ve kontrol değişkenlerinin seçimi
- b) Bulanık kontrol kurallarının kaynağı ve türetilmesi
- c) Bulanık kontrol kuralları çeşitleri
- d) Bulanık kontrol kurallarının uygunluğu

4- Karar verme mantığı,

- a) Bulanık gerçekleştirimin tanımlanması
- b) Bileşke operatörün tanımlanması
- c) Çıkarım mekanizmasının belirlenmesi

5- Durulaştırma stratejileri

7.5 Bulanıklaştırma Stratejileri

Bulanıklaştırma, doğal dildeki kesinliğin az olmasına ve belirsizliğe bağlıdır. Uygulamalarda, genellikle kesin bilgiler gözlenir. BMK'daki bilgi değerlendirmesi bulanık küme teorisine dayandığı için; ilk safhada bulanıklaştırma gereklidir. Tasarım için aşağıdaki öneriler dikkate alınmalıdır.

1) Bir bulanıklaştırıcı operatör kuramsal olarak belirli bir söylem evrenindeki kesin değeri bir bulanık singletona (üyelik fonksiyonu 1'e eşit olan bir nokta-tek değer) dönüştürür. Temel olarak bulanık bir singleton tam bir değerdir. Bundan dolayı bulanıklaştırma ile ifade edilemez. Bu strateji şu şekilde yorumlanır. A bulanık kümesinin $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu; x_0 noktasında 1, diğer noktalarda 0'a eşittir.

2) Gözlenen bilgi rastgeledir. Bulanıklaştırıcı operatör olası bilgileri bulanık sayılara dönüştürmelidir. Bulanık sayıların reel sayılara göre idare edilmesi daha kolay olduğu için verim yükselir. Bulanıklaştırma fonksiyonu olarak ikizkenar bir üçgen seçildiğinde; taban bilgi kümesinin iki kez standart sapması iken, üçgenin tepesi bilgi kümesinin ortalama değerine bağlıdır. Bu şekilde üçgen bir bulanık sayı elde ederiz.

3) Büyük ölçekli sistemlerde ve öteki uygulamalarda bu tür sistemlerin davranışına ilişkin bazı gözlemler kesindir. Bir kısmı ise yalnızca istatistiksel manada ölçülebilir. Bunlara hibritler denir, bunlar olasılıklı ve olanaklı modları gerektirir. Bu durumda hibrit sayıları kullanmak yararlı olur.

7.6 Bilgi Tabanı

BMK'daki bilgi tabanı, bulanık kontrol kuralları ve veri tabanı olmak üzere iki bileşenden oluşur. Veri tabanındaki bilgiler bulanık bilgi işlemede kullanılmaktadır. Buradaki kavramlar subjektif olup deneyimler ve uzman kişinin yargılarına göre tanımlanır. Konuyla ilgili olarak doğru üyelik fonksiyonunun seçimi uygulamanın başarılı olmasında önemli bir rol oynar.

7.6.1 Aynıklaştırma

Giriş ya da çıkış uzaylarının parçalanması ile elde edilir. Parça sayısına "parçalama seviyesi" adı verilir. Herbir parçada bulanık kümeler tanımlanır. Bu parçalanmış herbir seviyede bulanık kümelerin üyelik dereceleri verilir.

Yukarıdaki anlatıma uygun aynıklaştırma tablosu Tablo 7.2'de verilmiştir.

Tablo 7.2 Aynklaştırma tablosu

NO	ARALIK	NB	NM	NS	ZE	PS	PM	PB
-6	$x_0 \leq -3,2$	1	0,3	0	0	0	0	0
-5	$-3,2 < x_0 \leq -1,6$	0,7	0,7	0	0	0	0	0
-4	$-1,6 < x_0 \leq -0,8$	0,3	1	0,3	0	0	0	0
-3	$-0,8 < x_0 \leq -0,4$	0	0,7	0,7	0	0	0	0
-2	$-0,4 < x_0 \leq -0,2$	0	0,3	1	0,3	0	0	0
-1	$-0,2 < x_0 \leq -0,1$	0	0	0,7	0,7	0	0	0
0	$-0,1 < x_0 \leq 0,1$	0	0	0,3	1	0,3	0	0
1	$0,1 < x_0 \leq 0,2$	0	0	0	0,7	0,7	0	0
2	$0,2 < x_0 \leq 0,4$	0	0	0	0,3	1	0,3	0
3	$0,4 < x_0 \leq 0,8$	0	0	0	0	0,7	0,7	0
4	$0,8 < x_0 \leq 1,6$	0	0	0	0	0,3	1	0,3
5	$1,6 < x_0 \leq 3,2$	0	0	0	0	0	0,7	0,7
6	$1,2 \leq x_0$	0	0	0	0	0	0,3	1

Böyle bir tablo kontrolör çıkışı için oluşturulabilir. Bu durumda giriş değerlerinin tüm olası durumları göz önüne alınmalıdır. Böylece hesaplama yapmadan hızlı bir şekilde gerekli kontrol bulunmuş olur. Duyarlı bir kontrol yapabilmek için; parçalama seviyesi yeterli büyüklükte olmalı, bu durumda bilgisayardaki belleğin sınırı da unutulmamalıdır. Parçalamanın lineer olması şart değildir.

7.6.2 Giriş çıkış uzayları için normalizasyon

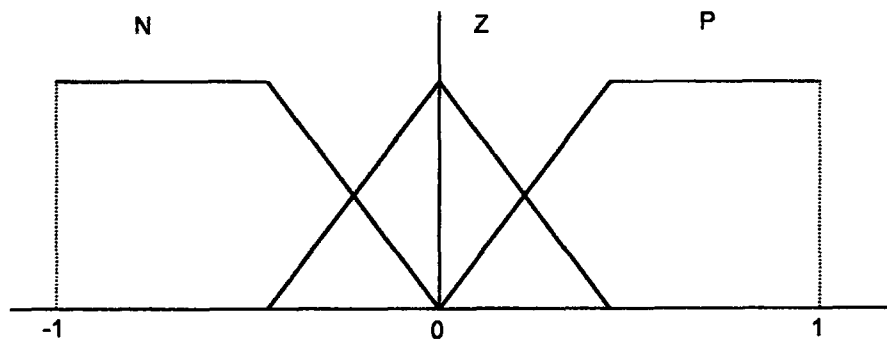
Normalizasyon işlemi genellikle ayrıklaştırma işlemini gerektirir. Ayrıklaştırılan bir uzay ölçek işlemesi ile $[-1,1]$ aralığına eşlenir. Eşlemenin lineer bir şekilde yapılması şart değildir. Normalizasyondan sonra bulanık kümeler tanımlanır [33].

7.6.3 Giriş çıkış uzaylarının bulanık bölümlenmesi

BMK'nın kullandığı giriş ve çıkış uzaylarında çeşitli dilsel değişkenler tanımlanır. Dilsel değişkenler kümesi çeşitli terimlerden oluşmaktadır. Bulanık bölümlenme, bir terim kümesinde kaç terim olması gerektiğinin saptanması ile ilgilidir. Bu terimlerin sayısı kontrol kurallarının sayısını da belirlemektedir.

Bölümlenmede genellikle temel bulanık kümeler kullanılır. Temel bulanık kümeler (dilsel terimler); NB: Negatif Büyük (Negative Big), NM: Negatif Orta (Negative Middle), NS: Negatif Küçük (Negative Small), ZE: Sıfır (Zero), PS: Pozitif Küçük (Positive Small), PM: Pozitif Orta (Positive Middle), PB: Pozitif Büyük (Positive Big) olarak belirlenir.

Şekil 7.2 ve Şekil 7.3'de $[-1,1]$ aralığında normalize edilmiş iki farklı bulanık bölümlenme gösterilmiştir.



Şekil 7.2 Üç terimli kaba bulanık bölümlenme

7.7.1 Bulanık kontrol kurallarının kaynağı ve türetilmesi

Bulanık kontrol kuralları 4 farklı biçimde türetilmektedir. Etkin bir yöntem oluşturmak için bunların birleştirilmesi uygun olur.

1) Uzman bilgisi ve kontrol mühendisliği bilgisi: Bulanık kontrol kuralları bulanık durum ifadeleri şeklindedir ($a \Rightarrow b'$ gibi). Kuralların neden kısmı proses durum değişkenlerinden, sonuç kısmı ise BMK'nın kontrol çıkışından (proses girişi) oluşur. Bulanık kontrol kuralları, insan davranış ve karar analizinin karakterize edilmesi için doğal bir çalışma çerçevesi sağlar.

2) Operatörün kontrol işlemlerine dayalı olarak: Yetenekli insan operatörleri kafalarında herhangi bir niteliksel model olmaksızın başarılı bir şekilde karmaşık sistemleri kontrol edebilirler ve bunu yaparken bilinçli veya bilinçsiz birçok bulanık kontrol kurallarından yararlanırlar. Bu açıdan bakıldığında operatörün uyguladığı kuralları bulanık kontrol kuralları olarak oluşturmak faydalı olacaktır.

3) Prosesin bulanık modeline dayalı olarak: Kontrol edilen sistemin dinamik özelliklerinin dilsel olarak tasvir edilmesine dayanır. Böyle bir tanımlamaya prosesin bulanık modeli gözûyle bakılır. Elde edilen bulanık modele göre kontrol kuralları üretilir. Bu yöntem daha karmaşık olmasına rağmen iyi performans sağlamaktadır, ama geliştirilmeye ihtiyacı vardır.

4) Öğrenmeye dayalı olarak: Birçok BMK, insan karar verme davranışını taklit etmek için oluşturulmuştur. Ancak birkaçı insan öğrenmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Şöyle ki, bulanık kontrol kurallarını oluşturma yeteneği ve deneyime dayalı olanları değiştime yeteneği gibi kendi kendini organize eden kontrolör tanımlanabilmiştir. Bu konudaki ilginç örneklerden birisi Sugeno'nun bulanık mantık kontrollü otomobildir ki kendi kendine park etmeyi öğrenebilmektedir.

7.7.2 Bulanık kontrolör kural tipleri

Bulanık kontrol kuralları iki tiptedir. Bunlar durum değerlendiren ve amaç belirleyen kontrol kurallarıdır.

1) Durum değerlendiren bulanık kontrol kuralları: Birçok BMK, durum değerlendiren bulanık kontrol kurallarına sahiptir. Çok girişli ve çok çıkışlı bir sistem için aşağıdaki şekilde ifade edilebilir.

$$R_1: \text{EĞER } x=A_1 \text{ ve } y=B_1 \text{ İSE } z= C_1$$

R_2 : EĞER $x=A_2$ ve $y=B_2$ İSE $z= C_2$

.

.

R_n : EĞER $x=A_n$ ve $y=B_n$ İSE $z= C_n$

x,y ; proses durum değişkenlerini ifade eden dilsel değişkenler,

z ; kontrol değişkenini ifade eden dilsel değişken,

A_i, B_i ve C_i ; x, y ve z değişkenlerinin dilsel değerleri ($i=1,2,3,\dots,n$)

Genel gösterimde sonuç, proses durum değişkenlerinin bir fonksiyonu olarak ifade edilir.

$$R_i: \text{EĞER } x=A_i \dots, \text{ ve } y=B_i \text{ İSE } z= f_i(x,\dots,y) \quad (7.2)$$

Bu tipe durum değerlendiren bulanık denetim kuralları denir.

2) Amaç değerlendiren bulanık kontrol kuralları: Kurallar deneyimli bir operatörün tecrübesinden yararlanılarak oluşturulur. Örneğin;

$$R_i: \text{EĞER } (V; C_i \rightarrow (x;A_i \text{ ve } y;B_i)) \text{ İSE } V; C_i \text{ dir.} \quad (7.3)$$

Dilsel olarak şu şekilde yorumlanır. EĞER x ; performans indeksi A_i ve y ; B_i İSE kontrol komutu C_i seçilir. Bunun sonucunda C_i kontrol komutu bir kontrolörün çıkışı olarak alınır. Daha karmaşık olmasına karşın bu yöntem trenlerin ve vinçlerin otomatik kontrolünde başarıyla uygulanmaktadır.

7.7.3 Bulanık kontrol kurallarının uygunluğu

Bulanık kontrol kuralları uzman deneyimine bağlı olarak oluşturulmuş ise bu kurallar değişik performans kriterlerine bağlı olabilir. Örneğin yüksek hız ve düşük enerji harcama kriterleri, çelişkili durumlar oluştururlar. Bu durumda elde edilen bulanık kuralın neden kısmı aynı şarta sahipken sonuçta üretilen BMK çıkışı farklı performans kriterlerine göre aynı olmayabilir. Bu da bize bulanık kontrol kuralları oluşturulurken çelişkili durumların sayısının minimize edilmesini ya da ortadan

kaldırılmasını gerektirir. Bulanık kontrol kurallarının uyumsuzluğu minimize edildiğinde, kuralların uygunluğu maksimize edilmiş olacaktır [40].

7.8 Karar Verme Mantığı

Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi BMK'nın çalışma mantığı insanın karar verme ve çıkarım yapma yeteneğinin benzetimine dayanmaktadır. BMK içindeki bu benzetim bulanık gerçekleştirme, bileşke kural çıkarımları ve cümle bağlayıcıları ile ilgilidir [33].

7.8.1 Bulanık gerçeklemenin tanımlanması

Bir bulanık kontrol kuralı genel anlamda bulanık bir ilişkidir ve bulanık gerçekleştirme ile açıklanır. BMK içinde hangi tip bulanık gerçeklemenin kullanılacağı daha çok sezgisel olarak belirlenir.

Literatürde 40'a yakın farklı bulanık gerçekleştirme kuralı tanımlanmıştır. Bu tanımlamalar yapılırken t-norm ve s-norm kavramlarından faydalanılmıştır. Buradaki t-norm üçgensel norm, s-normu ise üçgensel co-norm olmaktadır. Bir bulanık kontrol kuralı eğer $x=A$ ise $y=B$ bulanık gerçekleştirme fonksiyonu ile gösterilen A ve B sırasıyla U, V uzaylarında tanımlanmış bulanık kümeleridir. μ_A ve μ_B ise üyelik fonksiyonlarıdır. Bulanık gerçekleştirme fonksiyonlarının tanımlanmasında kullanılan bazı önemli t-norm ve s-norm operatörlerini verelim;

t-norm(üçgensel norm)

Kesişme	$x \cap y = \min(x, y)$	
Cebirsel çarpım	$x \cdot y = x \cdot y$	
Sınır çarpımı	$x \otimes y = \max \{0, x+y-1\}$	
Drastik çarpım	$x \cdot y = \{x, y=1, y, x=1, 0, x, y < 1\}$	(7.4)

s-norm(üçgensel co-norm)

Birleşme	$x \cup y = \max(x, y)$
Cebirsel toplamı	$x + y = x + y - xy$

Sınır toplamı	$x \oplus y = \min \{1, x+y\}$
Drastik toplam	$x \dots y = \{x, y=0, y, x=c, 1 \text{ } x, y>1\}$
Ayırma toplamı	$x \Delta y = \max \{ \min(x, y-1), \min(1-x, y) \}$ (disjointsum) (7.5)

Bulanık gerçekleme kurallarına geçmeden önce ileriye ve geriye doğru çıkarsama kurallarını inceleyelim.

1) İleriye doğru çıkarsama (GMP: Genarilized Madus Ponens)

Öncül 1: $x = \bar{A}$

Öncül 2: Eğer $x=A$ ise $y=B$

.....

Sonuç: $y = \bar{B}$

2) Geriye doğru çıkarsama (GTP: Genarilized Tollens Ponens)

Öncül 1: $y = \bar{B}$

Öncül 2: Eğer $x=A$ ise $y=B$

.....

Sonuç: $y = \bar{A}$

Bulanık gerçekleme fonksiyonları aşağıdaki 5 gruptan birine aittir.

1. $A \rightarrow B = (A \text{ değil}) + B$
2. $A \rightarrow B = (A \text{ değil}) + (A * B)$
3. $A \rightarrow B = (A \text{ değil } X B \text{ değil}) + B$
4. $A \rightarrow B = \sup \{ c \in [0, 1], A * C \leq B \}$ Bu GMP'nin tanımı
5. $A \rightarrow B = \inf \{ t \in [0, 1], B + 1 \leq A \}$ Bu da GTP'nin tanımıdır.

Buradaki * işareti t-normunda herhangi bir operatörü, + ise s-normunda herhangi bir operatörü göstermektedir. Kartezyen çarpım (X) ise "ve" bağlacını ifade eder.

Yukarıdaki tanımları referans kabul ederek t-norm ve s-norm operatörlerini değişik seçerek birçok bulanık gerçekleştirme fonksiyonu elde edilebilir. BMK içinde yaygın olarak kullanılan tip GMP tipinde bulanık gerçekleştirmedir. Örneğin t-norm operatörü min'u seçerek Mamdani'nin minimum bulanık gerçekleştirme elde edilmiş olur. Ve gösterimi,

$$R_c = A \times B = \int_{u,v}^+ \mu_A(u) \cap \mu_B(v) / (u, v) \quad (7.6)$$

şeklinde dir. Eğer t-norm operatörü olarak minimum yerine cebirsel çarpım seçilirse Larsen bulanık gerçekleştirme elde edilmiş olur.

$$R_c = A \times B = \int_{u,v} \mu_A(u) \cap \mu_B(v) / (u, v) \quad (7.7)$$

ile gösterilir. Mamdani'nin R_c bulanık gerçekleştirme minimum işlemli bulanık gerçekleştirme, Larsen'in gerçekleştirme ise çarpım işlemli bulanık gerçekleştirme olarak bilinir.

7.8.2 Bileşke operatörün tanımlanması

Bileşke operatörler genellikle sup* operatörler olarak ifade edilir. Kullanılan * işareti "minimum, cebirsel çarpım" gibi operatörleri gösterir. Literatürde bileşke kural çıkarımsaması için kullanılan 4 çeşit operatör gözlemlenmiştir.

- sup-min işlemi (Zadeh,1973)
- sup-çarpım işlemi (Kaufmana,1975)
- sup-sınırsal çarpım işlemi (Mizumato,1981)
- sup-drastik çarpım işlemi (Mizumato,1981)

BMK uygulamalarında en çok kullanılan bileşke operatör sup-min ve sup-çarpım bileşke operatörleridir. Bununla birlikte çıkarım sonunda diğerleri de kullanılabilir. Değişik uygulamalar için değişik bileşke operatörler daha iyi performans sağlayabilir.

7.8.3 Çıkarım mekanizmasının belirlenmesi

Bir BMK'da kullanılan çıkarım mekanizması genellikle tipik bir uzman sisteminde kullanılanlardan daha basittir. Çünkü bir kuralın sonucu diğer bir öncele uygulanmaz. Başka bir deyişle BMK'daki kontrol işlemleri, bir derece ilerdeki veriye bağlı olduğundan çıkarım mekanizmasını dizilmiş olarak kullanır.

7.8.3.1 Birinci tip bulanık çıkarsama

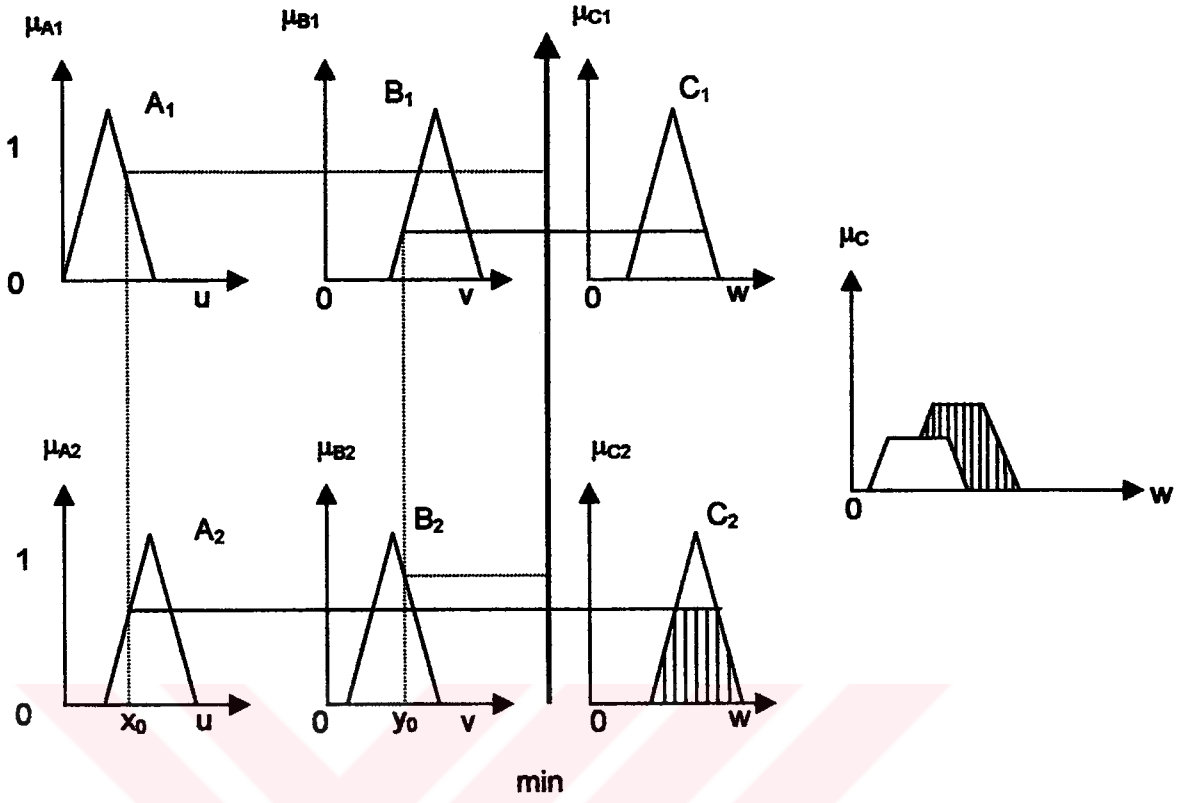
Bu tipte bulanık gerçekleştirme fonksiyonu olarak Mamdani'nin minimum bulanık gerçekleştirme R_c olarak seçilir. Bu tip çıkarsamada i. kuralın toplam kontrol eylemindeki etkisi,

$$\mu_{Ci}(w) = \alpha_i \wedge \mu_{Ci}(w) \quad (7.8)$$

bağıntısı ile tanımlanır. İki kuralımızın olduğunu düşünelim. Bu durumda sonuçta elde edilen kontrol eylemi aşağıdaki gibidir.

$$\mu_C(w) = \mu_{C1}(w) \wedge \mu_{C2}(w) = [\alpha_1 \wedge \mu_{C1}(w)] \vee [\alpha_2 \wedge \mu_{C2}(w)] \quad (7.9)$$

Birinci tip bulanık çıkarsamanın grafiksel gösterilimi Şekil 7.4'de verilmiştir.



Şekil 7.4 Birinci tip bulanık çıkarsamanın grafiksel gösterilimi

7.8.3.2 İkinci tip bulanık çıkarsama

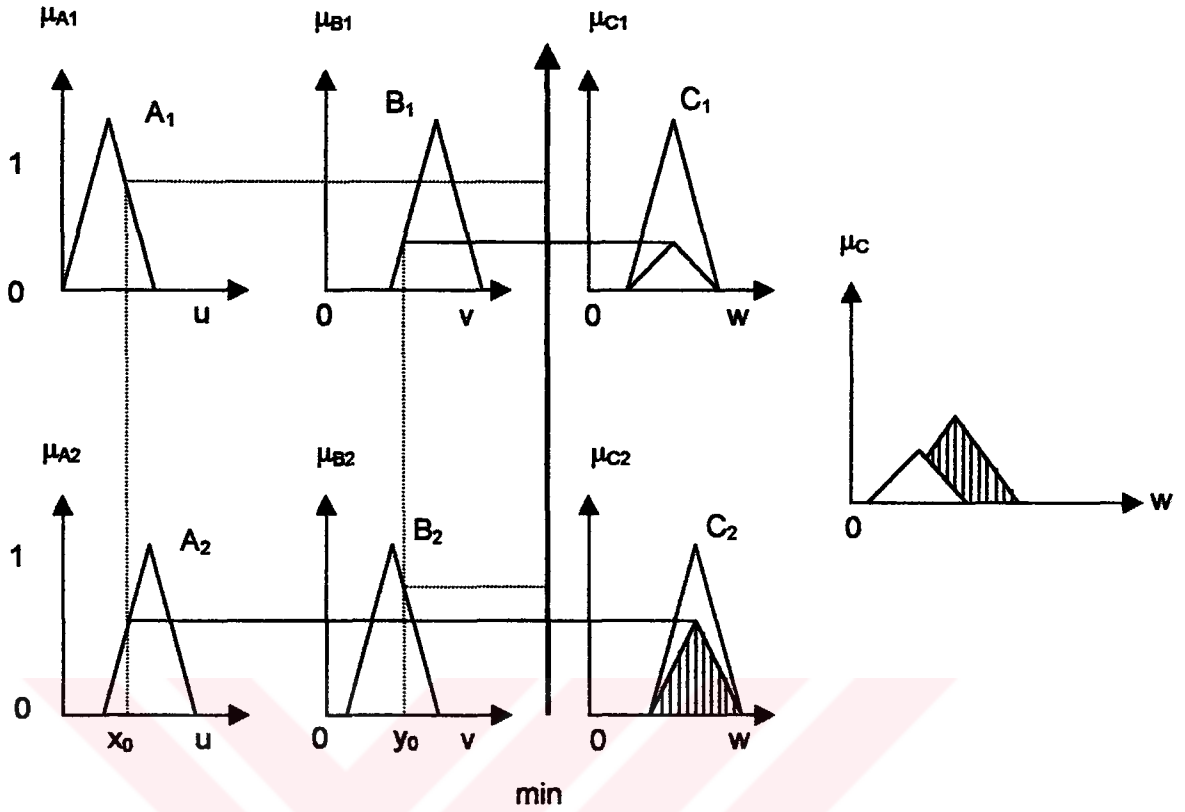
Bu tipte bulanık gerçekleme fonksiyonu olarak Larsen'in bulanık gerçeklemesi R_c olarak seçilirse i. kuraldan elde edilen kontrol eylemi de şu şekildedir.

$$\mu_{C1}(w) = \alpha_1 \cdot \mu_{C1}(w) \quad (7.10)$$

İki kurallı durumda aşağıdaki gibidir.

$$\mu_C(w) = \mu_{C1} \vee \mu_{C2} = [\alpha_1 \cdot \mu_{C1}(w)] \vee [\alpha_2 \cdot \mu_{C2}(w)] \quad (7.11)$$

İkinci tip bulanık çıkarsamanın grafiksel gösterilimi Şekil 7.5'de verilmiştir.



Şekil 7.5 İkinci tip bulanık çıkarsamanın grafiksel gösterilimi

7.8.3.3 Üçüncü tip bulanık çıkarsama

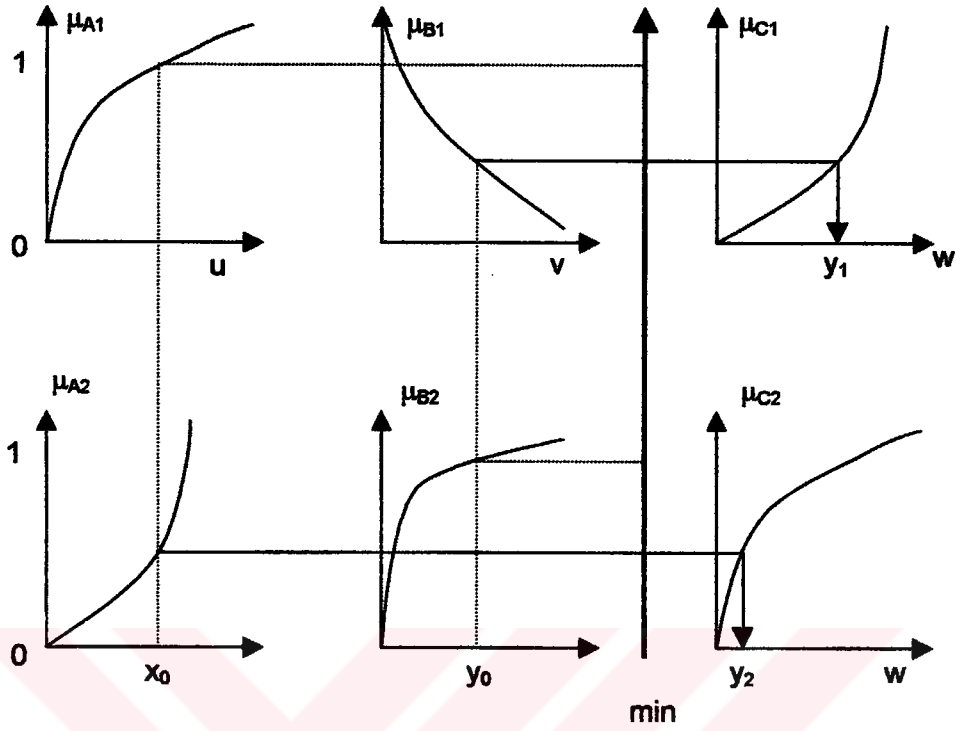
Birinci tip bulanık çıkarsamanın basitleştirilmiş halidir. Bu yöntem, özellikle monoton (monotonic) üyelik fonksiyonlarına sahip bulanık değişkenleri için uygundur. Her kural için y_1 ve y_2 çıkarım sonuçları aşağıdaki denklemler kullanılarak bulunur.

$$\alpha_1 = C_1(y_1), \quad \alpha_2 = C_2(y_2)$$

Toplam çıkarım sonucu aşağıdaki gibi verilir.

$$z_0 = \frac{\alpha_1 y_1 + \alpha_2 y_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad (7.12)$$

Üçüncü tip bulanık çıkarsamanın grafiksel gösterilimi Şekil 7.6'da verilmiştir.



Şekil 7.6 Üçüncü tip bulanık çıkarsamanın grafiksel gösterilimi

7.8.3.4 Dördüncü tip bulanık çıkarsama

Bir kuralda elde edilen sonuç dilsel değişkenlerden oluşan girişlerin bir fonksiyonudur. Bu tipte kurallar aşağıdaki yapıdadır.

R_i : Eğer $(x = A_i, \dots, y = B_i)$ ise $z = f_i(x, \dots, y)$

İki kontrol kuralı olduğu göz önüne alınırsa;

R_1 : Eğer $x = A_1$ ve $y = B_1$ ise $z = f_1(x, y)$

R_2 : Eğer $x = A_2$ ve $y = B_2$ ise $z = f_2(x, y)$

olmak üzere sırasıyla bunların çıkışları da $\alpha_1 f_1(x_0 y_0)$, $\alpha_2 f_2(x_0 y_0)$ ise sonuçta elde edilen kesin kontrol eylemi aşağıdaki gibidir.

$$z_0 = \frac{\alpha_1 f_1(x_0, y_0) + \alpha_2 f_2(x_0, y_0)}{\alpha_1 + \alpha_2} \quad (7.13)$$

Bu metod Takagi ve Sugeno tarafından bulunmuş ve bu yöntemle bir otomobilin belirli bir rotada hareket edip garaja kendi kendine park etmesi sağlanmıştır.

7.9 Durulama Stratejisi

Durulama işlemi, sonuçta elde ettiğimiz bulanık kontrol eyleminin, kesin bir kontrol eylemine dönüştürülmesidir. Bunun için pek çok yöntem vardır. Bu stratejilerden hangisinin seçileceğine ilişkin sistematik bir prosedür mevcut değildir. Aşağıda en yaygın olarak kullanılan stratejilerden maksimum kriteri, maksimumların ortalaması ve ağırlık merkezi stratejileri açıklanmıştır.

7.9.1 Maksimum kriteri metodu

Bu metotla sonuçta elde edilen bulanık kontrol eylemini temsil eden bulanık kümenin maksimum dereceli elemanı kesin kontrol eylemi olarak bulunur. Örneğin sonuçta elde edilen bulanık kontrol eylemi üçgensel üyelik fonksiyonuna sahip bir bulanık küme ise bu vektör üçgenin tepe noktasıdır.

7.9.2 Maksimumların ortalaması metodu (MOM)

Eğer birden fazla maksimumlara ulaşan nokta varsa bu durumda, bunların ortalaması kesin kontrol eylemi olarak kullanılır. Örneğin n tane maksimuma ulaşan w_j noktası varsa,

$$z_0 = \sum_{j=1}^n \frac{w_j}{n} \quad (7.14)$$

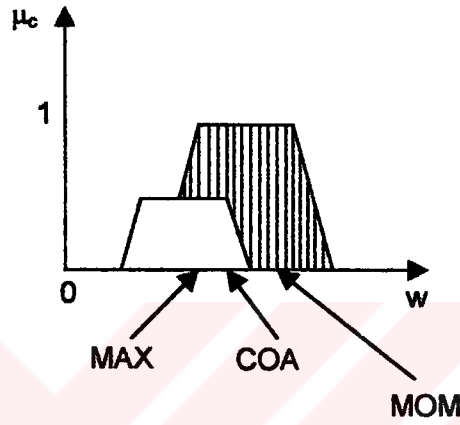
formülü ile prosesin kontrol eylemi hesaplanır.

7.9.3 Ağırlık merkezi metodu

Durulama operatörü olarak en yaygın olarak kullanılan yöntemdir. Bulanık kontrol eyleminin olasılıksal dağılımının ağırlık merkezi kesin kontrol eylemini belirler.

$$z_0 = \frac{\sum_{j=1}^n \mu_2(w_j) \cdot w_j}{\sum_{j=1}^n \mu_2(w_j)} \quad (7.15)$$

aşağıda bu üç stratejiye göre, belirli bir bulanık kontrol eylemi için kesin kontrol eylem değerleri gösterilmiştir [33].



Şekil 7.7 Durulama stratejileri gösterilimi

7.10 Enerji Tasarrufu Sağlayan Bulanık Kontrol Uygulaması

Bu bölümde, tezin uygulama aşamasında incelenen bulanık mantık kontrol sistemine benzer bir kontrol sistemi örnek olarak verilmiştir.

Bu çalışmanın amacı kullanıcı ihtiyaçlarına ve çevre koşullarına aynı anda cevap veren bir akıllı (intelligent) klima sistemi yapmaktır. Uygulamada oda içerisinde sıcaklık ölçen algılayıcı kullanılmıştır. Algılayıcılardan alınan sıcaklık bilgileri bulanık kontrolün girişinde kullanılmıştır. Bulanık kontrolör bu sıcaklık bilgilerine göre klima motor hızını ayarlar.

Deneylerden çıkan sonuca göre gerçek oda sıcaklığı, odadaki insanların her zaman kişisel olarak hissettikleri oda sıcaklığı değildir. Kesin konfor seviyesine birtakım şartlara bağlı olarak değişik oda sıcaklıkları ile ulaşılabilir.

Gündüz hava sıcaklığı geceye nazaran daha sıcak olabilir.

Aynı sıcaklık değeri eğer güneş parlıyorsa daha sıcakmış gibi algılanabilir.

İnsanların klimalarını neye göre ayarladıklarına ilişkin deneysel analiz:

1- Klima sıcaklık ayarını düşük bir seviyeye ayarlayan kişi serinlik istemektedir. Buna göre birçok kişi sıcaklık değerini ihtiyaçtan daha düşük bir değere ayarlamak eğilimindedir. Genellikle insanlar ayar edilen bu seviyeyi daha sonra yeniden yükseltmeyi unutmaktadırlar. Bunun doğrulanmasından önce düşürülen değer enerji tasarrufu sağlamaktadır.

2- Klima seviyesini çok az bir miktar düşüren kişi bu ortama hızlı düşürülmesine oranla çok daha az ilgi gösterir. Hızlı tepki göstermesi oda sıcaklığında ani değişimlere sebep olabilir.

3- Eğer oda sıcaklığı çok sık değişiklik gösteriyorsa kontrol hassas olmalıdır [20].

Uygulamada, hava sıcaklığını motor hızlarıyla eşleştirmek için 5 kural dolayısıyla 5 bulanık alan belirlenmiştir. Bu kurallar,

Eğer oda “çok sıcak” ise klima motor hızı “çok hızlı”

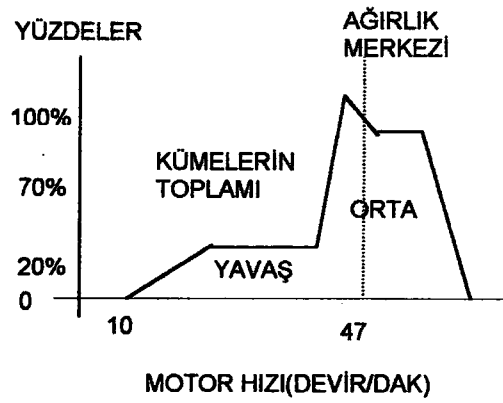
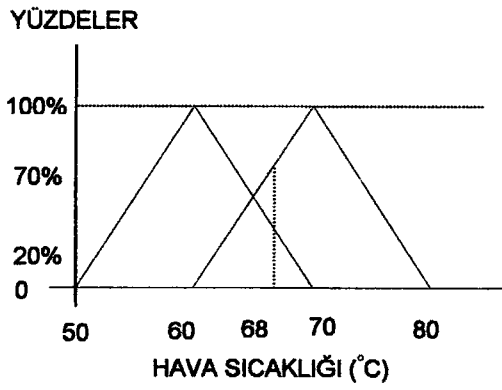
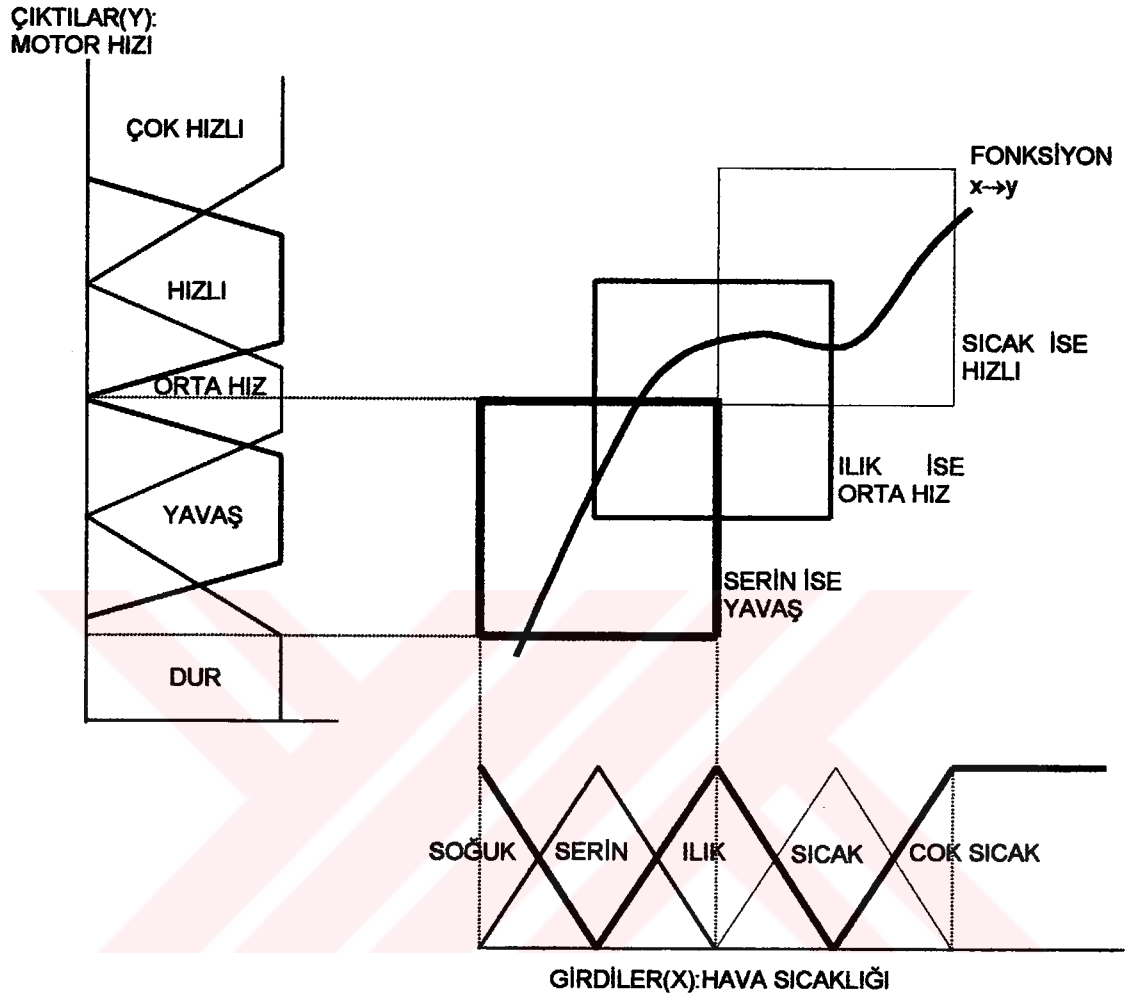
Eğer oda “sıcak” ise klima motor hızı “hızlı”

Eğer oda “ılık” ise klima motor hızı “orta hızlı”

Eğer oda “serin” ise klima motor hızı “yavaş”

Eğer oda “soğuk” ise klima motor hızı “sıfır” (klima kapalı)

Örneğin 20°C bir sıcaklık, %20 “serin” ve %70 “ılık” ise, iki kural harekete geçer ve sistem motorunu %20 “yavaş” ve %70 “orta” olan bir hızda çalıştırmaya girişir. Sistem, motor çıktı eğrilerinin toplamının ağırlık merkezini bularak kesin bir motor hızına ulaşır. Bu örneğe ait grafiksel açıklama Şekil 7.8’de verilmiştir [30].



Şekil 7.8 Bulanık mantık kontrolörün bir klima sisteminde uygulanması

8. LUXMATE IŞIK KONTROL SİSTEMİ

Bu bölümde; tezdeki deneysel çalışmada kullanılan, Avusturya firması olan ZUMTOBELL STAFF'ın LUXMATE ışık kontrol sistemi tanıtılacaktır.

8.1 Luxmate Işık Kontrol Sisteminin Temel Özellikleri

- 1) Uygun düzeneklerle %75'lere varan enerji tasarrufu sağlamaktadır.
- 2) Aydınlatma otomasyonunda dijital teknolojinin ilk uygulandığı sistemdir. Dijital teknoloji sayesinde normal kablo ve normal anahtar kullanımı, olası hatalara karşı polaritesiz kablajlama imkanı sağlamaktadır.
- 3) Kullanımı kolay kumanda cihazlarına sahiptir.
- 4) Sistemin çalışıp çalışmadığı adreslenmeden önce de kontrol edilebilir.
- 5) Sistemi adreslemek için başka bir PC'ye ihtiyacı olmadığı gibi, tek bir kontrol modülü ile tüm binanın adreslemesini gerçekleştirebilir.
- 6) Diğer bina otomasyon sistemleri ile sorunsuz haberleşebilmektedir.
- 7) Luxmate modülleri, insan gözünün algılama sınırlarına uygun loşluk karakteristiklerine sahiptir.
- 8) Luxmate, kullanıcılara aydınlık düzeyini kendi isteklerine göre ayarlama imkanı sunmaktadır.
- 9) Zamana bağlı çalışma ve merkezi kontrol sayesinde binlerce armatüre kolayca müdahale edilebilmektedir. Dolayısıyla eleman sayısının, bakım masraflarının, ısıtma ve soğutma giderlerinin düşmesine sebep olmaktadır.
- 10) Kontrol modülü üzerinde yer alan "sahne düğmesi" olarak adlandırılan her bir düğmeye, mekan içerisinde değişik aydınlatma efektleri oluşturularak kaydedilebilir. Bu sahneleme özelliği sayesinde, gün içinde istenilen değişik ışık

seviyelerine kolayca ulaşılabilir. Özel mekanlar için ışık simülasyonları yapılabilir.

11) Luxmate sistemi, geniş kontrol seçenekleriyle evlerde de rahatlıkla kullanılmaktadır.

- Ses ve görüntü sistemlerinin entegrasyonu,
- Isıtma-havalandırma sistemlerine kumanda,
- Jaluzilere aynı kumandadan kontrol imkanı,
- Dokunmatik sistemlerine arabirim,
- Kullanıcı dostu menü tasarımları,
- İnternet üzerinden evdeki aydınlatma ve diğer otomasyon sistemlerine (güvenlik, ısıtma, bahçe sulama gibi) erişim imkanı sağlamaktadır.

8.2 Dijital Teknoloji ve Aydınlatma Kontrolündeki Üstünlükleri

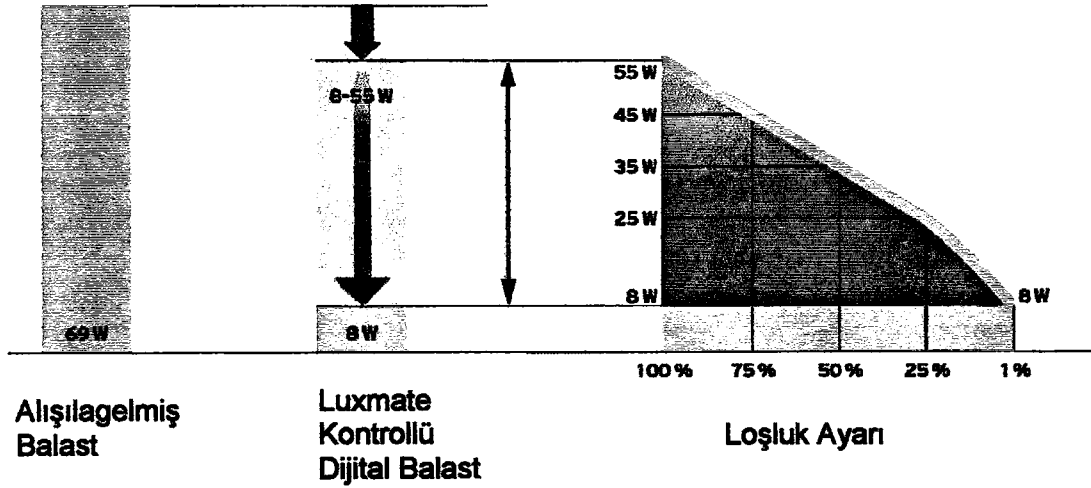
- Luxmate sisteminde PCA dijital elektronik balast kullanılmaktadır.
- Dijital haberleşme hattına (BUS-Sistem) sahiptir.
- Çift yönlü haberleşme imkanı söz konusudur.
- Farklı parametreler programlanabilmektedir. (aydınlatma, jaluzi, havalandırma v.b.)
- Sistem parazitlerden etkilenmemektedir.
- Polaritesiz kontrol kablosuna sahiptir.

8.2.1 Loşlaştırılabilir-dijital elektronik balast (PCA) özellikleri

Dijital h.f. elektronik balastın özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

- Ayar aralığı %100 –%1'dir.

- Lambanın herhangi bir ışık seviyesinde çalıştırılabilmesi %100 –%1'dir.
- Lambanın, vızıltısız veya kırışmasız olarak çalışmasını sağlar.
- Lambanın kısılma değerine göre %20'den %88'e varan enerji tasarrufu sağlamaktadır.
- DC acil durum çalışması için programlanabilir ışık çıkış seviyesine sahiptir.
- Ön ısıtma sayesinde lamba ömrü yaklaşık 15,000 saate uzatılmaktadır.
- Lamba hatası geri besleme özelliği vardır.
- Dijital kontrol işaret girişi mevcuttur.
- İşaret karışıklıklarına karşı dayanıklıdır.
- Mükemmel bir loşlaştırma için kabul edilen sıcaklık sınır değerleri: 0 °C to +60°C'dir.
- PCA dijital elektronik balastın işletme ömrü 50 000 h'den daha fazladır.
- Tüm floresan lamba tipleri için uygundur.



Şekil 8.1 58W'lık dijital balastın enerji tasarruf değerleri

8.2.2 Dijital bus sistemi

Luxmate bus sistemi, genişleyebilir ve programlanabilir fonksiyonellik özelliğine sahiptir. Adreslenebilir modüller içermekte olup bu modüller arasında çift yönlü haberleşme söz konusudur. Bilgi iletimi tüm sistem modülleri paralelinde yapılmaktadır.

Bus kablosu olarak 2x1,5 mm² NYM kablo kullanılmaktadır.

Luxmate sistemi, merkezi bir işlemci ve kontrol ünitesi olmaksızın çalışmaktadır. Her bir bus kullanıcısı (luxmate modülleri), armatür veya grup numarası, oda numarası ve modül numarası birleştirilerek tek bir adres numarası ile adreslenir. Adresleme ve sistemin programlanması için giriş modülleri kullanılır. Tüm adres ve fonksiyon bilgileri çıkış modüllerinde toplanır. Adres bilgisi iletildiğinde ve alıcı adres aynı olduğunda modüller işlem görmeye başlar.

Sistem kurulduktan sonra LM-EG kontrol modülü ile adresleme yapılır.

8.2.3 Dijital bina ağı

- Tek bir merkezden tüm binanın kontrolü mümkündür.
- Bilgisayar ekranından tüm otomasyon sistemine bağlı cihazlar ve modüller görüntülenir.

- Bus hattı kurulduktan sonra hiçbir bakım gerektirmez. Bus hattına bağlı olan modüllerdeki arızalar, anzanın hangi modülden kaynaklandığı yine bilgisayar ekranından tespit edilebilmektedir.

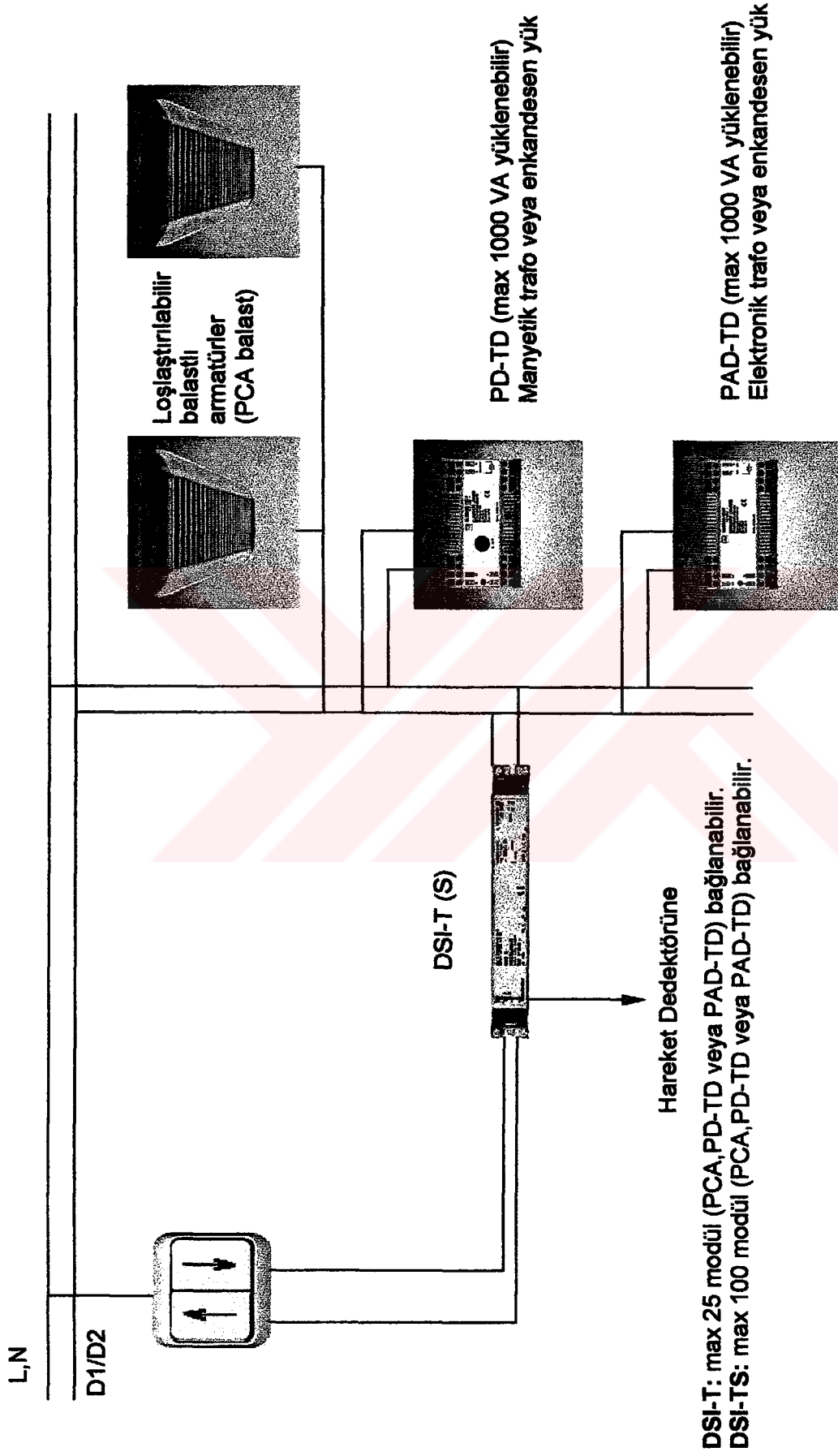
8.3 Luxmate Sistem Çeşitleri

8.3.1 Luxmate basit sistem (Basic system)

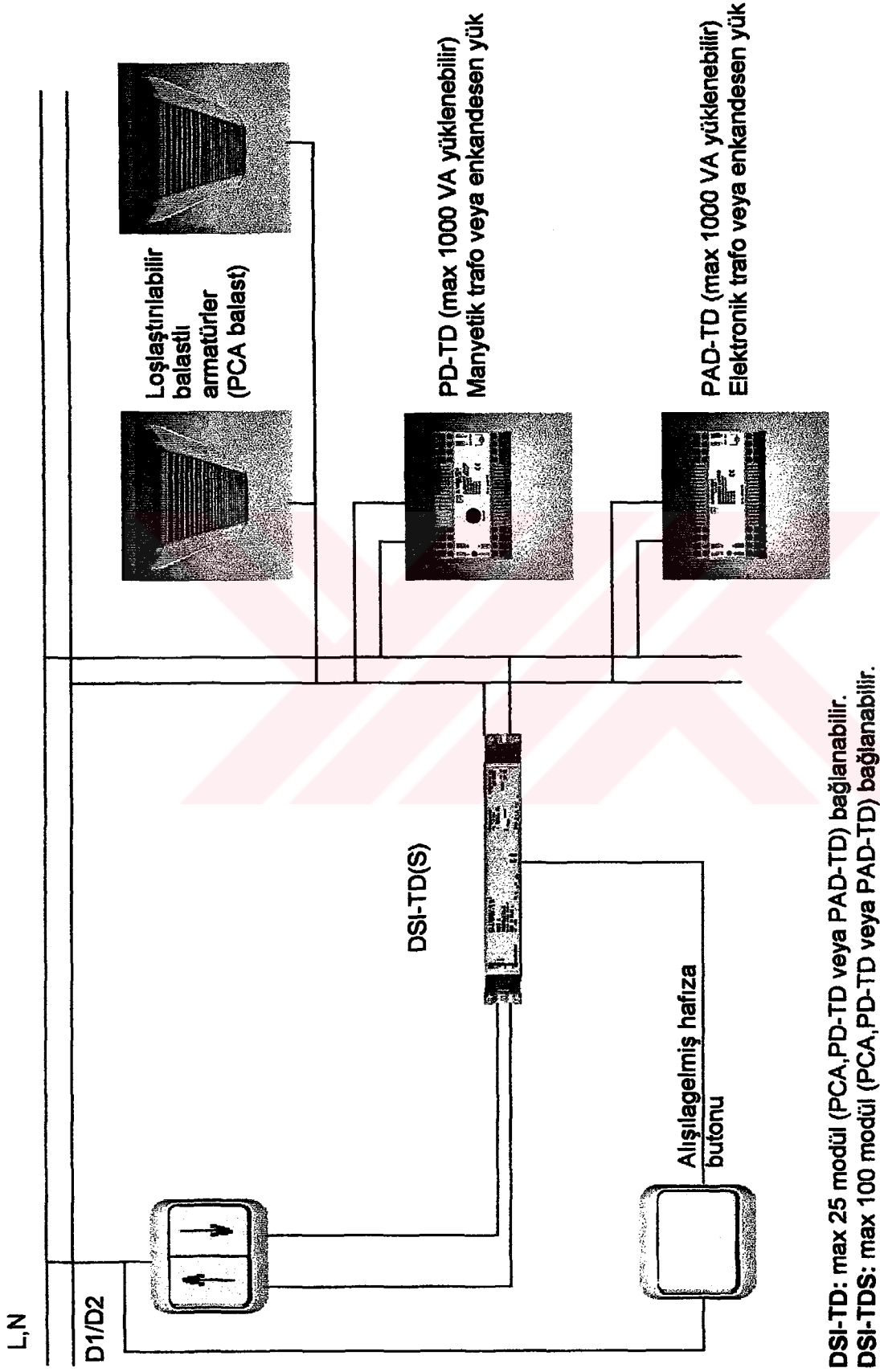
Aydınlatma kontrol sisteminin en basit uygulamasıdır. Işık oyunlarının istenmediği orta ölçekli projelerde kullanılmaktadır. Hastahane, okul, restaurant, konferans salonları, ofisler ve ev gibi çeşitli mekanlarda uygulanmaktadır.

Tüm armatür grupları basit bir loşluk anahtarı ile titreşimsiz %1-%100 değerleri arasında loşlaştırılmaktadır. Arzu edildiği takdirde çeşitli ışık anahtarları sisteme paralel olarak bağlanabilir. Ayrıca sistemin hareket dedektörü ile kontrolü de mümkündür. Modüller, armatür içerisinde veya ayrı olarak kullanılmakta olup, şebeke gerilimindeki değişimlerden ve parazitlerden etkilenmemektedir. Basit sistemde DSI-T, DSI-TS, DSI-TD, DSI-TDS, PD-TD, PAD-TD gibi modüller kullanılmaktadır. Bu modüllere ait bağlantı şemaları, Şekil 8.2, Şekil 8.3, Şekil 8.4'de verilmiştir.

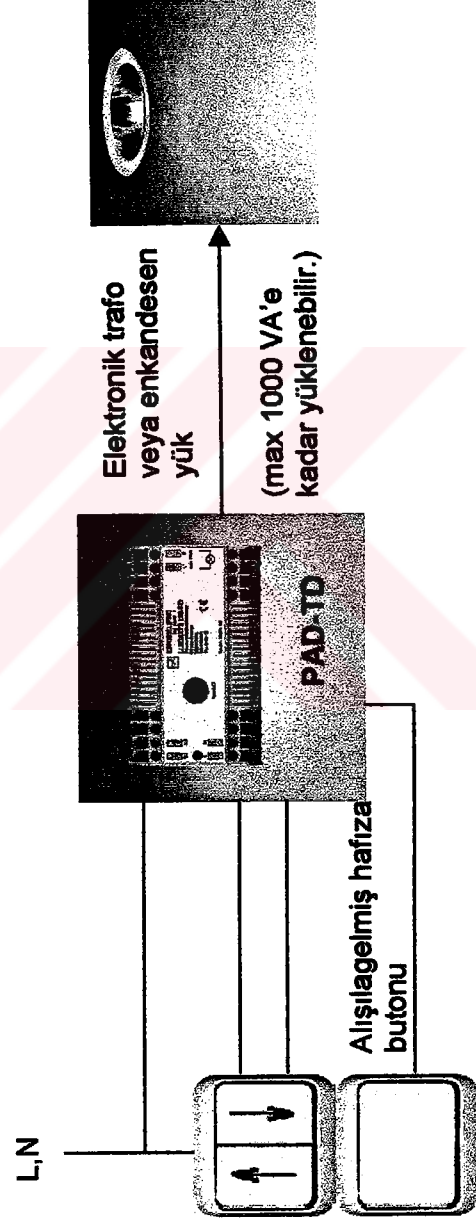
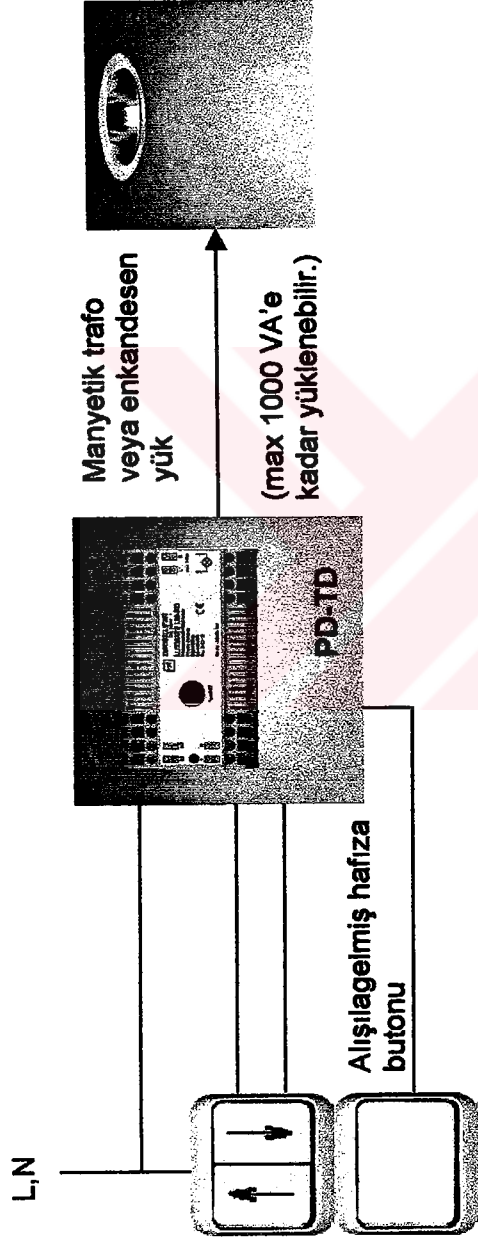
Halojen ve akkor telli lambaların direkt olarak loşlaştırılması mümkün değildir. Bunların loşlaştırılması için anahtar ile armatür arasına bir loşlaştırma modülünün bağlanması gerekmektedir. Enkandesen lambalar, şebeke gerilimi ile çalışan halojen lambalar ve manyetik trafo ile çalışan halojen lambaların kontrolünde PD-TD loşlaştırma modülü, elektronik trafo ile çalışan halojen lambalarda ise PAD-TD loşlaştırma modülü kullanılmaktadır. PD-TD ve PAD-TD modülleri maksimum 1000VA'e kadar yüklenebilmektedir. Loşluk anahtarına gelen faz ile PD-TD veya PAD-TD modüllerinin beslemeleri aynı faz olmak zorundadır. Bu modüller üzerinde alışlagelmiş hafıza butonu yer almaktadır. Armatürler istenilen loşluk seviyesine ayarlandıktan sonra, bu butona 5sn basıldığında ayar edilen loşluk seviyeleri hafızaya alınmış olur. Bir loşluk anahtarının modüle paralel bağlanması ile, bu loşluk seviyesi istenildiği zaman açılıp kapatılabilir.



Şekil 8.2 Luxmate Basit Sistem, DSI-T(S) bağlantı şeması



Şekil 8.3 Luxmate Basit sistem, DSI-TD(S) bağlantı şeması



Şekil 8.4 Luxmate Basit sistem, LM-PD ve PAD-TD bağlantı şeması

DSI-T modülüne, maksimum 25 PCA balast, PD-TD veya PAD-TD bağlanabilir. Burada bahsedilen maksimum 25'in anlamı; hangi modül olursa olsun PCA balast, PD-TD, PAD-TD, DSI-T'ye bağlanan toplam modül sayısının maksimum 25 olacağıdır. Sistemde hareket dedektörü de kullanılabilir.

DSI-TS modülüne ise, maksimum 100 modül bağlanabilmektedir. Daha büyük mekanların kontrolünde kullanılmaktadır.

DSI-TD modülüne maksimum 25, DSI-TDS modülüne de maksimum 100 PCA balast, PD-TD veya PAD-TD bağlanabilir. Ayrıca DSI-T(S) modülünde, PD-TD ve PAD-TD modüllerinde olduğu gibi bir alışlagelmiş klasik hafıza butonu yer almaktadır.

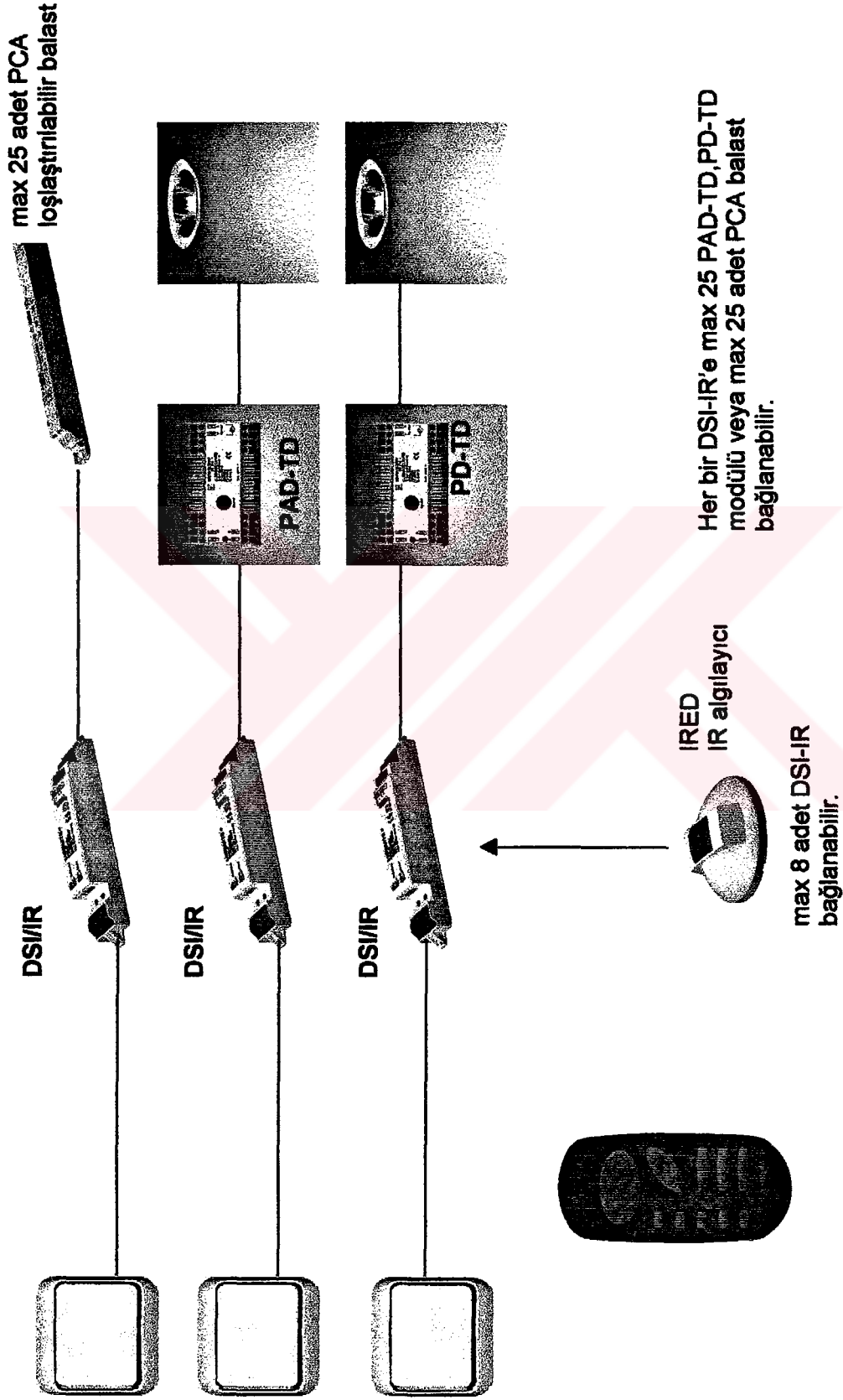
Luxmate basit sisteme ait bağlantı şemaları Şekil 8.2, Şekil 8.3 ve Şekil 8.4'de gösterilmiştir.

8.3.2 Luxmate basit uzaktan kumandalı sistem (Basic-IR system)

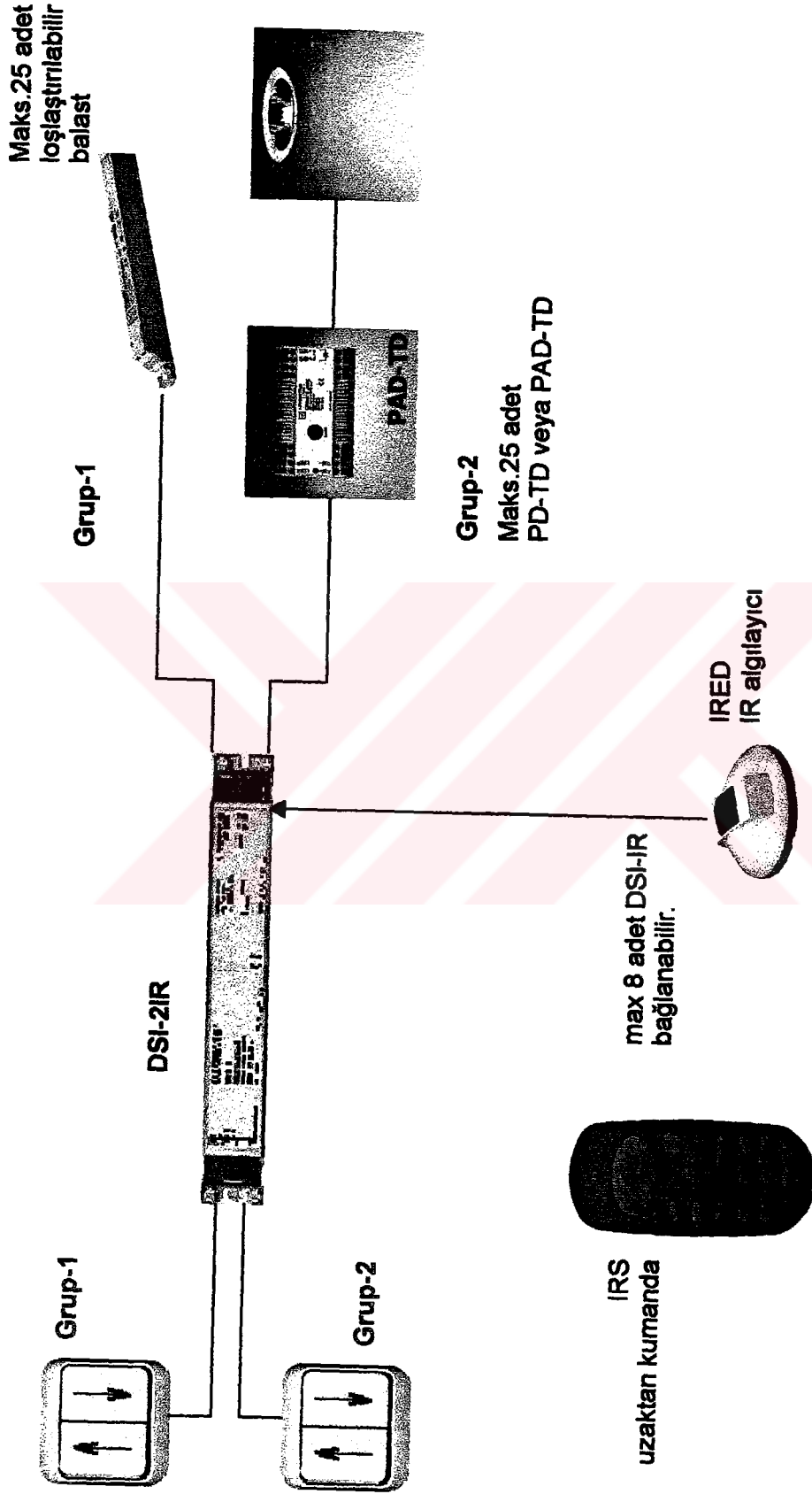
Basit sistemden farklı olarak, sisteme IRS uzaktan kumanda ve IR kızılötesi (infrared) algılayıcı ilave edilmiştir. IR algılayıcı maksimum 8 adet DSI-IR veya DSI-2IR loşlaştırma modülüne kumanda verebilir. DSI-IR'ye 1 adet, DSI-2IR'ye 2 adet armatür grubu bağlanabilmektedir. Herbir armatür grubunda olması gereken maksimum modül sayısı (PD-TD, PAD-TD veya PCA balasttan herhangi biri) 25 adettir.

IRS uzaktan kumanda cihazı üzerinde 1 adet loşlaştırma anahtarı, 1 adet açma-kapama butonu, 3 adet sahne butonu ve 5 adet de grup (adres) butonu bulunmaktadır. IR algılayıcıya bağlı olan grup sayısının maksimum 5 olması gerekmektedir. Böylece herbir gruba, kumanda üzerindeki adres butonlarından ayrı ayrı kumanda edilebilir. Oda içerisinde, 3 farklı aydınlatma efekti oluşturularak, bunlar sahne butonlarına kaydedilir ve bu butonlardan birine basılınca ayarlanan sahne otomatik olarak gelir.

Luxmate basit IR uzaktan kumandalı sisteme ait bağlantı şemaları, Şekil 8.5 ve Şekil 8.6'da gösterilmiştir.



Şekil 8.5 DSIR-IR modülü ile kurulmuş Luxmate Basit-IR uzaktan kumandalı sistem bağlantı şeması



Şekil 8.6 DSI-2IR modülü ile kurulmuş Luxmate Basit-IR uzaktan kumandalı sistem bağlantı şeması

8.3.3 Luxmate gnına bağlı sistem (Daylight system)

Bu sistem gnına bağlı aydınlatma kontrolü sağlamaktadır. Armatürler %1-%100 arasında lolatırılabilmektedir. Sisteme ek olarak hareket dedektörü de ilave edilebilmektedir.

Sistemde hacim içinde pencereye yakın bir yerde LSD ıık algılayıcısı kullanılır. Bu algılayıcıdan alınan bilgi, armatrlere bağlı DSI-TLC veya DSI-TLE gnı modüllerine iletilir ve armatr grupları ayarlanan değerlere göre lolatırılır.

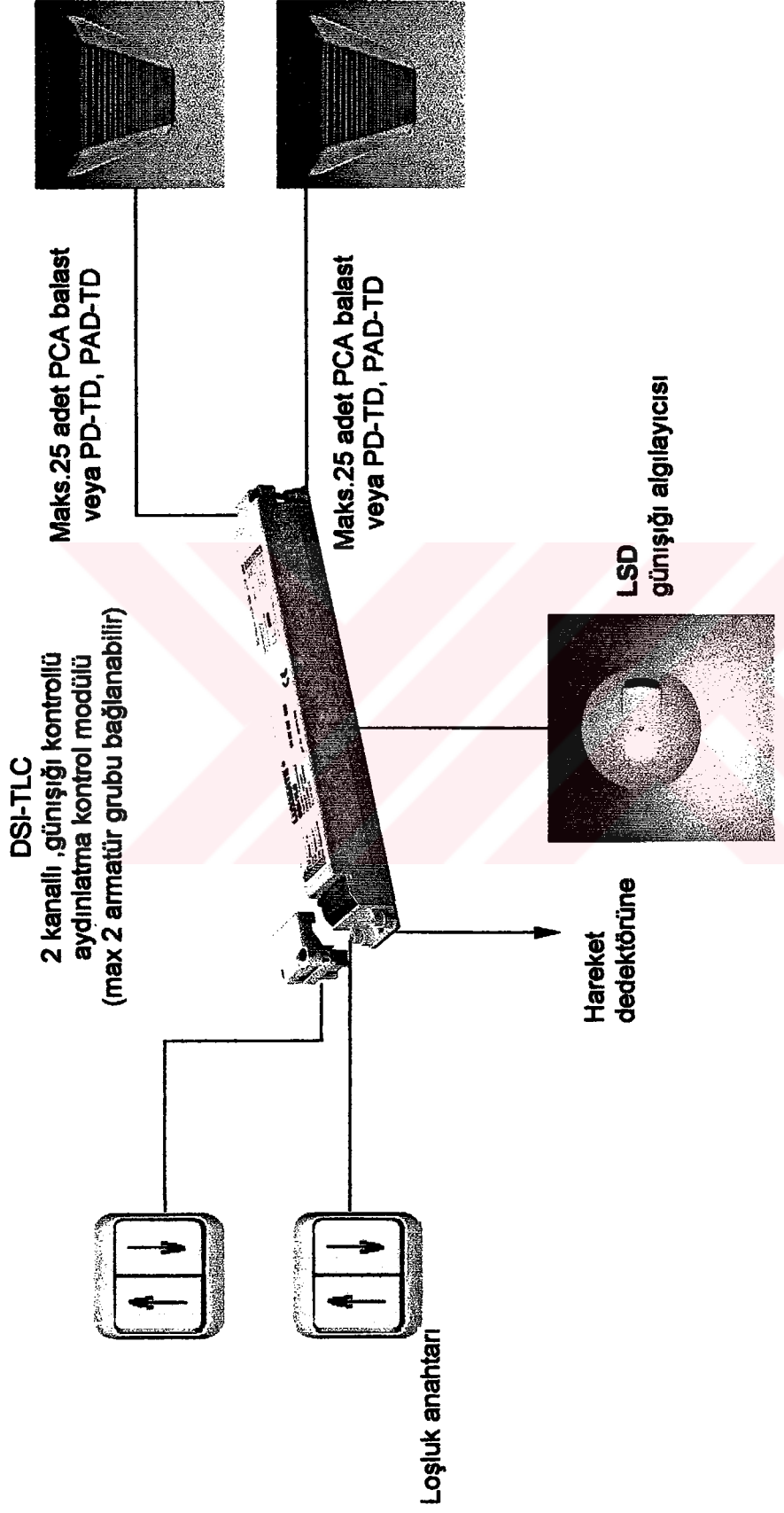
DSI-TLC ve DSI-TLE olmak üzere 2 tip gnı modülü mevcuttur.

DSI-TLC modülüne maksimum 2 grup bağlanabilir. Herbir grup içinde de maksimum 25 adet PCA balast, PD-TD veya PAD-TD modülü bulunabilir. Bu sisteme ayrıca hareket dedektörü de ilave edilebilmektedir.

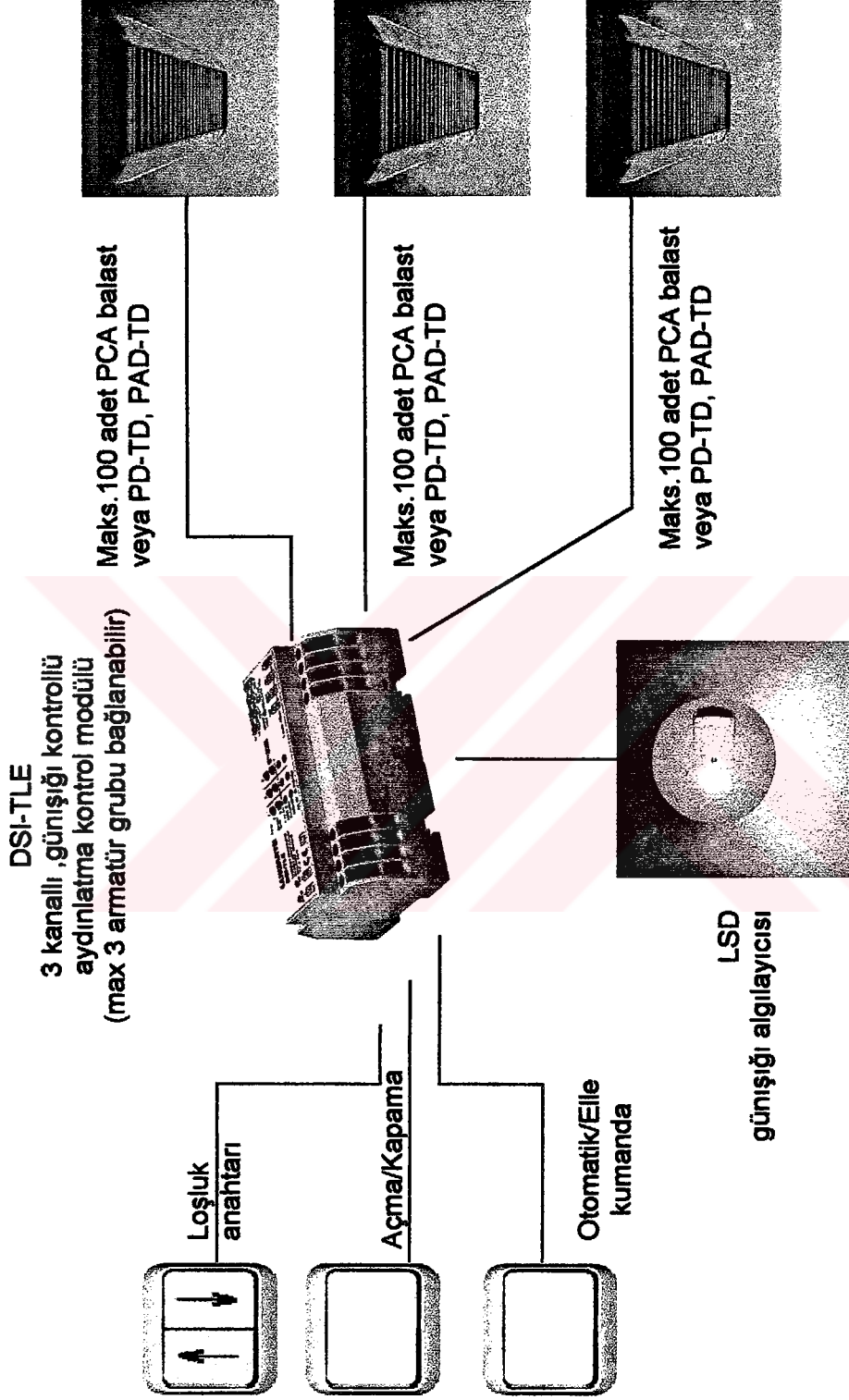
DSI-TLE modülü ise daha büyük sistemler için kullanılmaktadır. Bu modüle maksimum 3 grup bağlanabilir. Herbir gruba bağlanabilecek PCA balast, PD-TD veya PAD-TD modül sayısı maksimum 100 olmalıdır. Sisteme ilave edilecek bir Otomatik-Elle (Auto-Manuel) kumanda anahtarı ile kontrolün gnına bağlı olup olmaması tercih edilebilmektedir.

Gnına bağlı sisteme ait basit bağlantı ŗemaları ŗekil 8.7 ve ŗekil 8.8'de verilmektedir.

Luxmate gnına bağlı sisteminin verimli alıabilmesi için; gnını ölçen LSD ıık algılayıcısının doğru bir ŗekilde yerleŗtirilmesi gerekir. Iınım yolu, algılayıcının grŗ açısı tasarımı ve doğru algılayıcı pozisyonunun kesinleŗtirilmesi ile belirlenir. Algılayıcı sadece doğal aydınlatmayı algılamakta ve gnına bağlı bir kontrol sağlamaktadır.



Şekil 8.7 DSI-TLC modülü ile tasarlanmış luxmate güneşiği kontrollü sistem



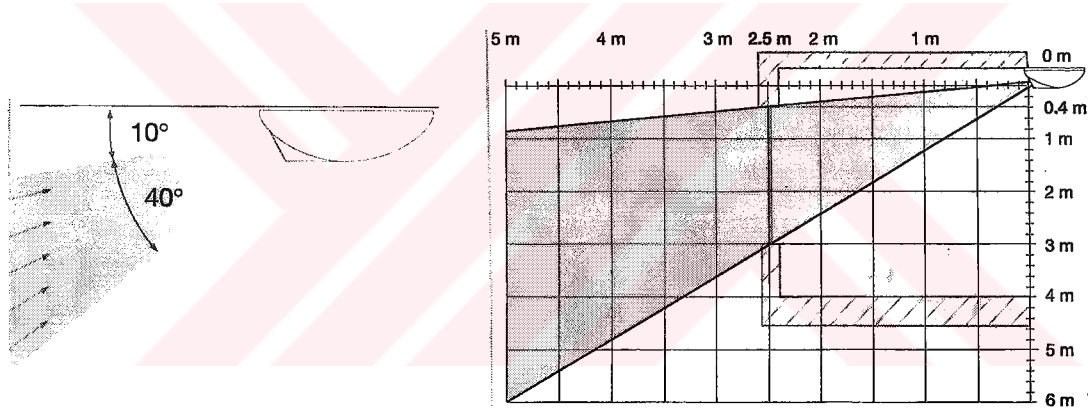
Şekil 8.8 DSI-TLE modülü ile tasarlanmış luxmate güneşiği kontrollü sistem

8.3.3.1 LSD ışık algılayıcısının yerinin belirlenmesi

Algılayıcının ışığı algılayan yüzü, pencereye doğru yönlendirilmelidir. Algılayıcı üzerinde, günışığı ve yapay aydınlatmanın direkt etkileri engellenmelidir. Ayrıca algılayıcıya ışık yansıtan cisimler de uzak tutulmalıdır.

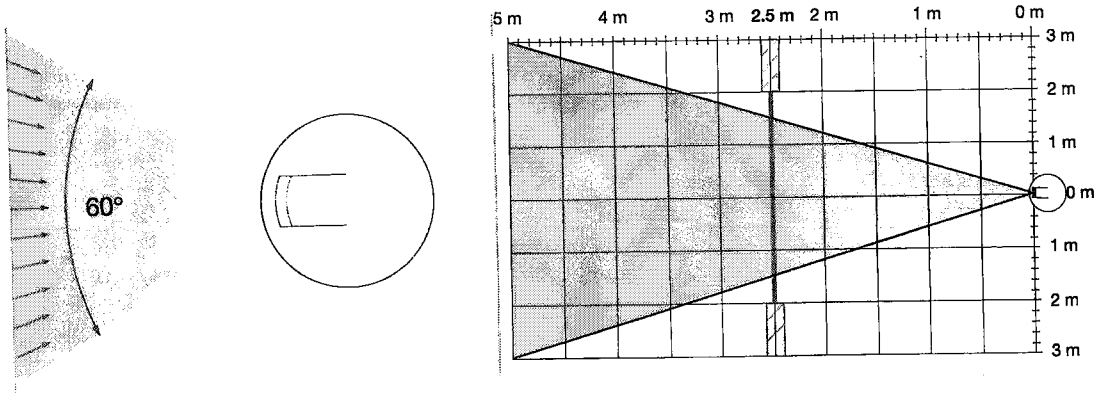
LSD ışık algılayıcısının doğru yerleştirilmesi aşağıdaki örnek ile açıklanabilir. Burada pencerenin yüksekliği 2.5m, genişliği 4m'dir. Bu diyagramlardan elde edilecek oranlarla, diğer pencere boyutları için de yerleşim yapılabilir.

Dikey doğrultuda yerleştirme: Pencere yüksekliği kadar, algılayıcı pencereden geriye çekilir (örnekte 2.5m). Pencerenin uç noktasından itibaren tavana kadar bir montaj yüksekliği mesafesi olmalıdır. Örnekte bu mesafe 0,4m olarak belirtilmiştir. Eğer pencerenin üst eşiğinin yükseklik değeri farklılık oluşturuyorsa algılayıcı mutlaka asılmalıdır.



Şekil 8.9 Dikey yönde LSD ışık algılayıcısının pozisyonu (pencere yüksekliği=2.5m)

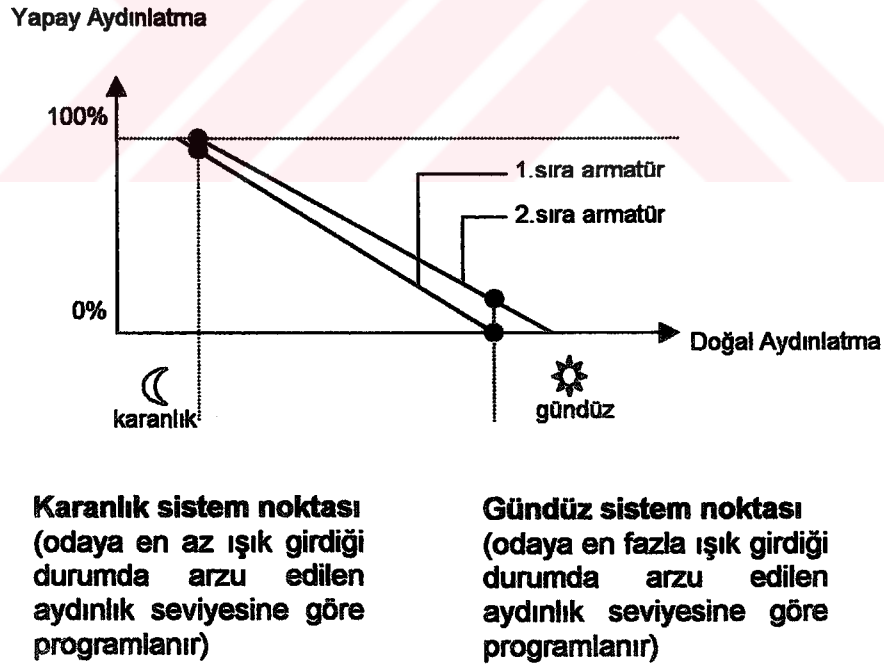
Yatay doğrultuda yerleştirme: Işık algılayıcısı mümkün olduğu kadar pencerenin merkezine simetrik monte edilmelidir. Algılayıcının yataydaki görüş açısının pencere içinde kalmasına dikkat edilmelidir.



Şekil 8.10 Yatay yönde LSD ışık algılayıcısının pozisyonu (pencere yüksekliği=4m)

8.3.3.2 LSD ışık algılayıcısının çalışma prensibi

DSI-TLC veya DSI-TLE günışığı modülleri, LSD ışık algılayıcısından aldıkları bilgiye göre; bir oda içerisinde sırasıyla 2 veya 3 grup armatürü kontrol etmektedirler. Kontrol, sıralı armatürler için tek tek ayarlanabilir karakteristikler kullanılarak belirlenir. Aşağıdaki şekilde, 2 grup armatüre kumanda eden bir LSD ışık algılayıcısının kontrol eğrisi verilmiştir.



Şekil 8.11 İki grup armatüre kumanda eden bir LSD ışık algılayıcısının kontrol eğrisi

Bu karakteristik eğrilere sistem noktaları programlanarak karar verilir. Eğer bir sistem noktası tekrar programlanırsa, yeni program eskisinin üzerine yazılacaktır.

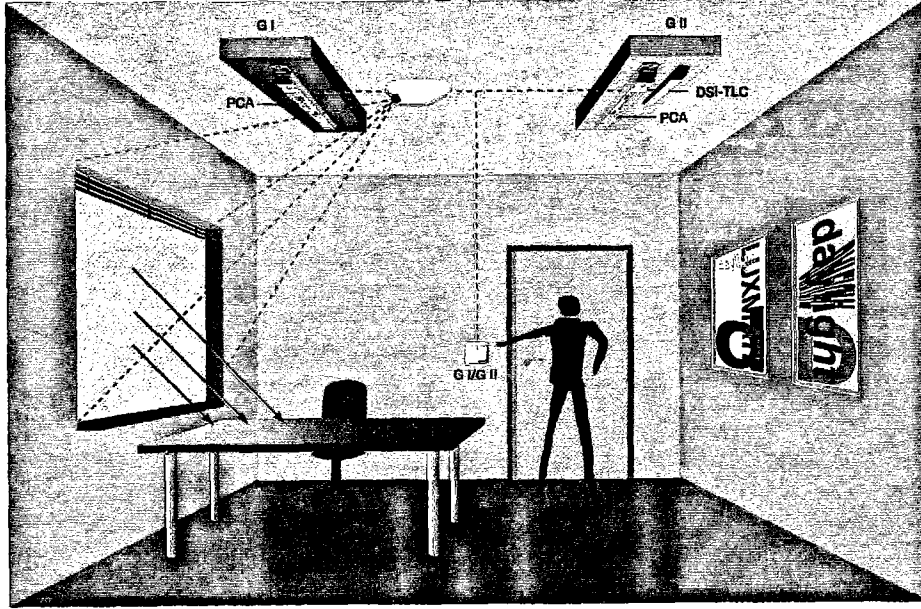
Karakteristik eğrilerin çıkartılması: İlk önce, oda içerisinde istenilen ortalama aydınlık düzeyi değerine karar verilir. Bu aydınlık düzeyi değerini her zaman sabit tutacak şekilde, armatürler loşlaştırılmaktadır. Armatürlerin loşlaştırma seviyeleri LSD ışık algılayıcısına girilen değerler ile belirlenir.

Kontrol eğrileri belirlenirken LSD ışık algılayıcısına her bir grup için 2 değer kaydedilir. Bu değerlerden biri; alaca karanlıkta, oda içerisinde istenilen ortalama aydınlık düzeyini sağlayacak şekilde armatür gruplarının loşlaştırılması ile belirlenir. Bu, karakteristik eğrinin maksimum değeridir. Eğrinin minimum değeri ise oda içerisine en fazla günışığının girdiği durumda, istenilen aydınlık düzeyini sağlayacak şekilde, armatür gruplarının loşlaştırılması ile belirlenir. Her iki durumda da armatürler olması gereken loşlaştırma seviyelerine ayarlanarak sistem programlanmaktadır. Böylece, dışarıdaki günışığı değerine bağlı olarak içeride olması istenilen ortalama aydınlık düzeyi sabit bir değerde tutulmaktadır.

Karakteristik eğrinin yatay eksenini doğal aydınlatmayı, düşey eksenini ise yapay aydınlatmayı göstermektedir. Belirlenen maksimum ve minimum noktaları arasında değişen doğal aydınlatma değerleri için; yapay aydınlatma değerleri, sistem noktalarının eğri üzerinde hareket etmesi ile tespit edilir.

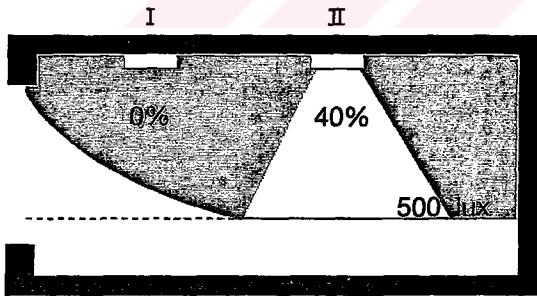
Luxmate günışığı sisteminin çalışma ilkesini aşağıdaki örnek ile açıklamaya çalışalım:

Oda içerisinde 2 adet floresan armatür grubu olan bir sistemi ele alalım. 1 adet LSD ışık algılayıcısı, 1 adet DSI-TLC ve 1 adet anahtardan oluşan sistem Şekil 8.12'de basitçe gösterilmiştir.

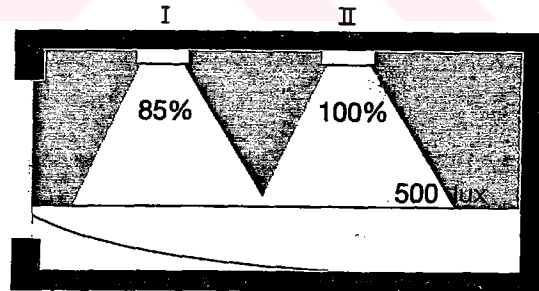


Şekil 8.12 İki armatür grubu bulunan günışığına bağlı aydınlatma kontrollü oda sistemi

LSD ışık algılayıcısı, oda içerisinde ortalama 500 lux aydınlık düzeyi değeri olacak şekilde programlanmıştır. Pencereden maksimum ve minimum ışık girme durumlarına göre her 2 grup için istenilen aydınlık düzeyi değerleri ayarlanır. Ara değerlerde sistem lineer olarak kendini ayarlayacaktır.



Şekil 8.13 Oda içerisine maksimum günışığı girmesi durumunda sistem davranışı

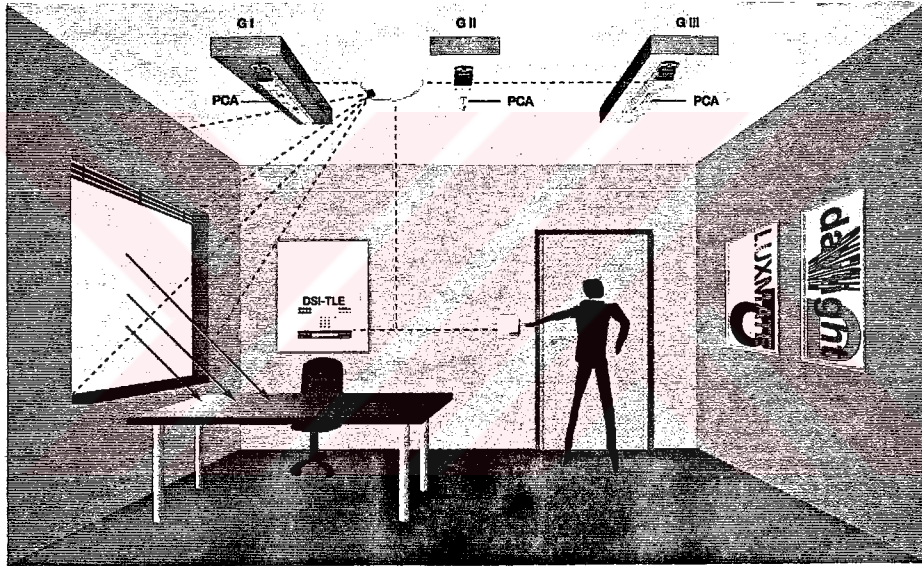


Şekil 8.14 Oda içerisine minimum günışığı girmesi durumunda sistem davranışı

Şekil 8.13 ve Şekil 8.14'den de görüleceği gibi; maksimum günışığı olması durumunda, pencere kenarına yakın 1. armatür grubu hiç yanmamakta, pencereden uzak olan 2. armatür grubu %40 oranında yanmaktadır. Günışığının en az olduğu durumda ise; 1. armatür grubu %85 oranında, 2. armatür grubu %100 oranında yanmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi ara değerlerde, karakteristik eğri boyunca

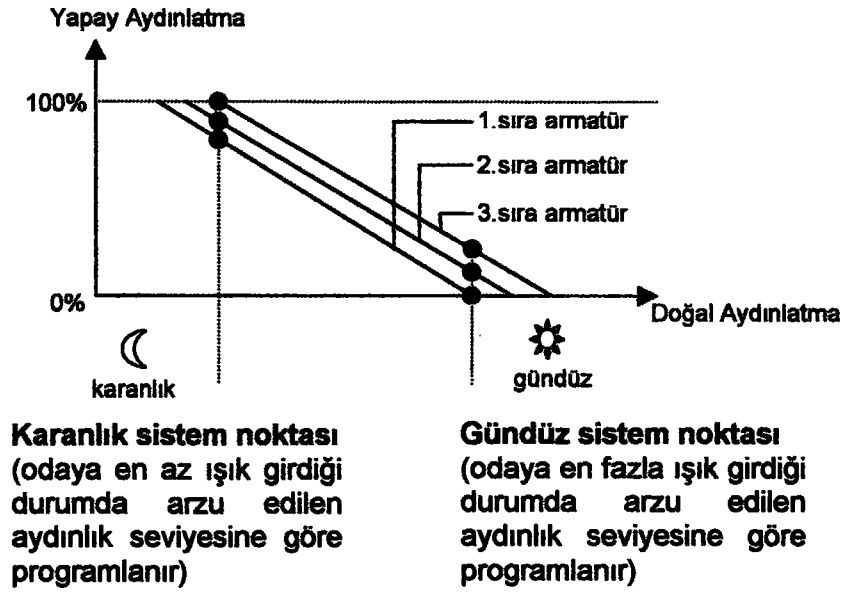
sistem kendini ayarlayacaktır. Böylece oda içerisindeki aydınlık düzeyi 500 lux gibi bir değerde sabit tutulmaktadır. Herhangi bir zamanda 500 lux'den daha fazla bir aydınlık düzeyine ihtiyaç duyulursa loşluk anahtarlar ile bu değer elde edilebilir. Sisteme ilave edilecek hareket dedektörü ile çalışma saatinin dışında, sistemi kapayan zaman röleleri ile enerji tasarrufu artırılabilir. Şekil 8.12'de bahsedilen sistemin modül bağlantı şeması Şekil 8.7'deki gibidir.

Şekil 8.15'de ise; oda içerisinde 3 armatür grubu bulunan, dolayısıyla DSI-TLE kullanılan bir sistem basit olarak gösterilmiştir. Burada da mantık aynı olup; günışığına bağlı olarak pencere kenarından başlayarak içeriye doğru armatürler daha fazla loşlaştırılarak programlanır.

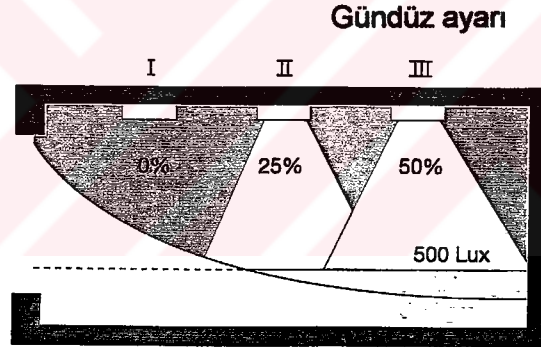


Şekil 8.15 Üç armatür grubu bulunan günışığına bağlı oda sistemi

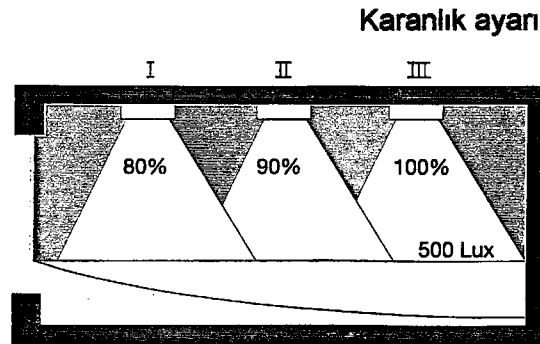
Şekil 8.16, Şekil 8.17 ve Şekil 8.18'de üç armatür grubuna kontrol eden LSD ışık algılayıcısının kontrol eğrisi ve oda içerisine maksimum ve minimum günışığı girmesi durumlarında sistemin davranışı gösterilmiştir. Böyle bir sistemin bağlantı şeması Şekil 8.8'deki gibidir.



Şekil 8.16 Üç grup armatüre kumanda eden bir LSD ışık algılayıcısı kontrol eğrisi



Şekil 8.17 Oda içerisine maksimum günışığı girmesi durumunda sistem davranışı



Şekil 8.18 Oda içerisine minimum günışığı girmesi durumunda sistem davranışı

8.3.4 Luxmate profesyonel sistem (Professional system)

Bu bölümde sistemin temeli, projelendirilmesi, böyle bir sistemle yapılabilecekler açıklanacaktır. Burada isimleri geçen tüm luxmate modülleri Bölüm 9'da detaylı olarak incelenmiştir.

Bu sistem; gelişmiş uygulamalar için profesyonel ışık kontrol sistemidir. %75'lere varan enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Tüm kontrol modülleri 15V'luk bir dijital haberleşme hattı (BUS hattı) üzerinden haberleşmekte ve modüller, ışık kaynaklarının cinsi ve kullanıcıların isteklerine göre seçilmektedir. Bus teknolojisi sayesinde olası eklere cevap verebilecek sistem esnekliğine ve limitsiz kapasiteye sahiptir. Montaj ve programlanması, mevcut programın değiştirilmesi çok kolaydır. Programlama için ekstra bir PC'ye gerek yoktur.

IR uzaktan kumanda, duvar kontrol panelleri (LM-EG, LM-CG, LM-SG, LM-BG) mevcut olup; telefon, PC, dokunmatik ekran ve normal anahtarlar ile kolay kullanım olanağı sunmaktadır. Sistem, diğer bina otomasyon sistemleri ile problemsiz bağlantı sağlayabilmektedir. Arıza durumunda bina otomasyon sistemine veya kullanıcı bilgisayarına mesaj gönderip, arıza raporlaması yapmaktadır.

IR hareket dedektörleri ile kumanda, istendiğinde günışığına bağlı çalışan aydınlatma ve jaluzi kontrolü imkanı sunmaktadır.

Kumanda paneline entegre, jaluzi, ısı, havalandırma kontrolü yapılabilmektedir.

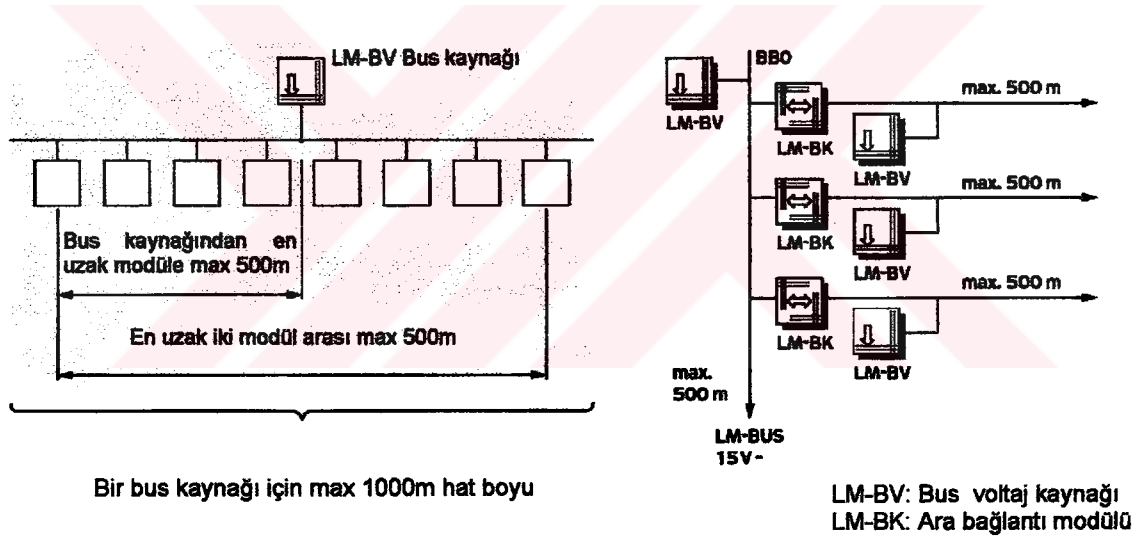
Kullanılan zamanlayıcı modülü ile zamana bağlı aydınlatma kontrolü sağlanmaktadır. Örneğin; bir ofis içerisinde saat 8:00'da aydınlatma aktif hale geçip, öğle tatilinde armatürler loşlaştırılıp, akşam saat 18:00'da kapatılabilir. Sistem bunları otomatik olarak yapacaktır.

Acil durum aydınlatma kontrolü de mümkündür. Olası tehlike durumlarında, belirlenen acil durum aydınlatma armatürlerinin devreye girmesi sağlanır.

EEPROM teknolojisi sayesinde, enerji kesilmesi halinde var olan bilgiler saklanabilmektedir.

8.3.4.1 Bus sistemi

Luxmate profesyonel sisteminin temelini "bus teknolojisi" oluşturmaktadır. Bütün kontrol işaretleri ters bağlantı korumalı 15V bus hattı aracılığı ile modüllere iletilmekte olup; her bir bus hattına maksimum 500 kontrol modülü bağlanabilmektedir. Bus hattı 2x1,5mm² NYM kablo kullanılarak tesis edilir. 15V'lık gerilimi üreten bus kaynağı, LM-BV, LM-BVE veya LM-BVS35 adı verilen luxmate modülleridir. Bir LM-BV bus kaynağına maksimum 100 modül bağlanabilir. Her bir bus sistemi, LM-BK ara bağlantı modülü ile tek bir bus hattına birleştirilmektedir. Şekil 8.19 ve Şekil 8.20'den de görüleceği gibi LM-BV bus kaynağı ile en uzak modül arasındaki mesafe maksimum 500m olmalıdır. Ayrıca en uzak iki modül arası da 500m'yi geçmemelidir. Bir bus kaynağı için maksimum 1000m hat boyu düşünülebilir.



Şekil 8.19 LM-BV bus sistemi

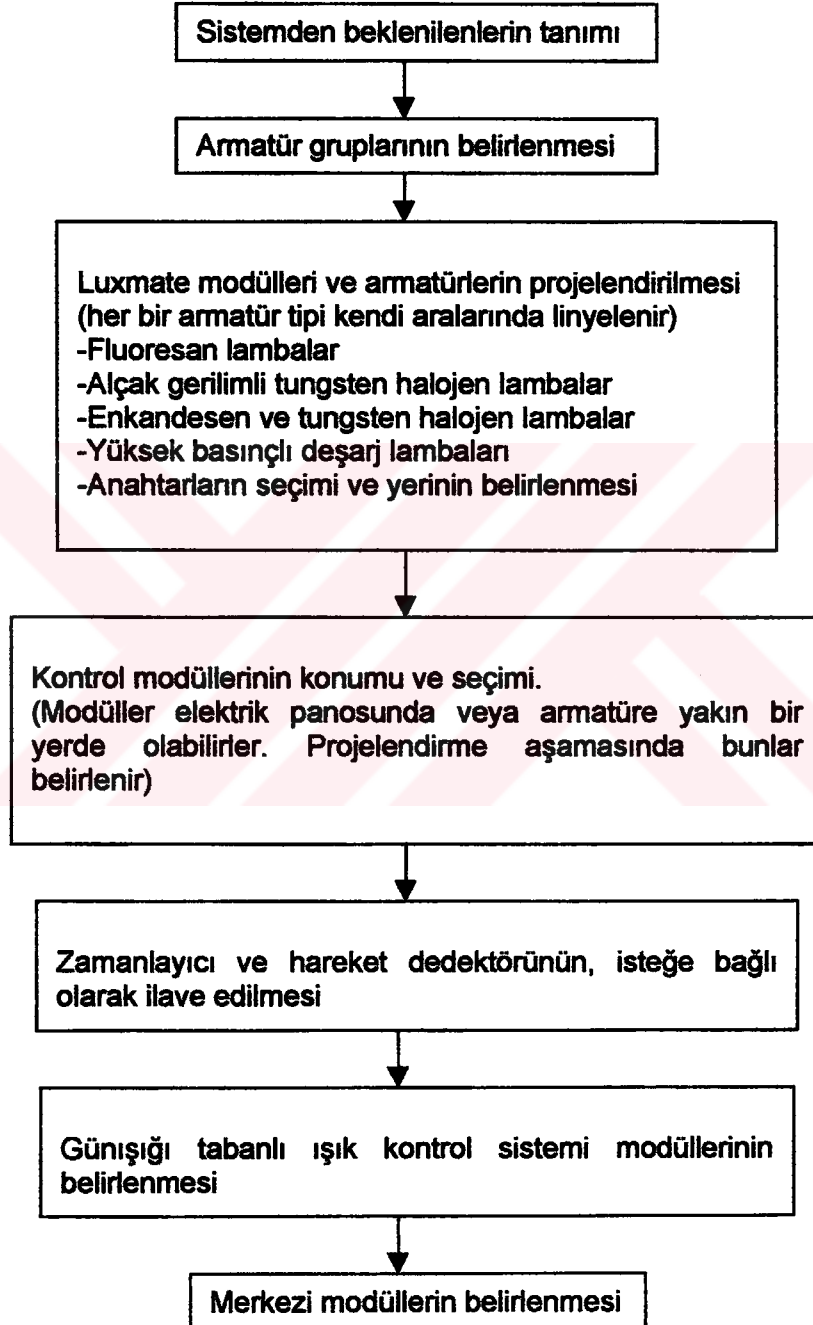
Şekil 8.20 Bus sistemi bağlantı şeması

Profesyonel ışık kontrol sisteminde, kontrol işaretleri ve enerji beslemesi ayrı ayrı kontrol altında tutulmakta; böylece sistem mükemmel bir işletim güvenilirliği sunmaktadır. Komut iletimi, CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) koruması ile bir azaltıcı sistem temeli üzerine kurulmuştur. Bu sistem mesajların birbiri ile karışmasını önlemekte, binadaki diğer motorlar veya merkezi çoklu kontrol sistemleri ile etkileşimini engellemektedir.

Sistem, kablo tesis problemi olan yerler için "güç-hattı (powerline)" çözümü sunmaktadır. Bunun anlamı; luxmate sistemine, bir LMP-NK3 modülü aracılığı ile

220V üzerinden de bilgi gönderilebilmektedir. LMP-NK3 modülü 220V şebeke geriliminin üzerine bilgi bindirip modüllere göndermektedir.

8.3.4.2 Sistemin tasarlanması

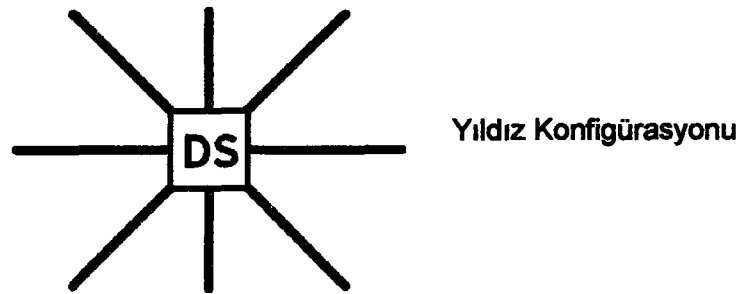
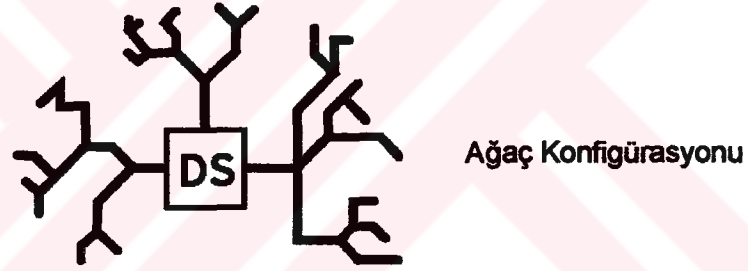


Şekil 8.21 Işık kontrol sisteminin tasarım aşamaları

Bir binada ışık kontrolü yapılmak isteniyorsa, en başta amaç saptanıp projelendirme yapılmalıdır. Yani o sistemdeki ışık kaynaklarının tipleri belirlenmeli, bu ışık kaynaklarına göre; haberleşme hattı ile bağlantı sağlayan çıkış modülleri ve bunlara bağlı loşlaştırma modülleri seçilmelidir. Her bir modülün kapasitesi belli olduğundan, gruplamalar bu modül kapasitelerine uygun olarak yapılmalıdır. Sistemden beklenenler belirlenip; günışığına bağlı aydınlatma ve jaluzi kontrolü, sıcaklık ve havalandırma kontrolü, zamana bağlı ışık kontrolü gibi özellikler ilave edilebilir. Sistemin planlanması ile ilgili adımlar Şekil 8.21’de verilmiştir.

Projelendirme sırasında dikkat edilecek diğer konu “bus hattı kablolama yapısı”dır. Dairesel yapıdaki kablaıdan kaçınılmalıdır. Bir hata durumunda, açık biçimler, hatalı parçanın çabuk bir şekilde tanınmasına ve özel bus bölümlerinin yalıtımı ile değiştirilmesine izin vermektedir.

LUXMATE bus hattı kablaı tercihen aşağıdaki şekillerde yapılabilmektedir. Şekil 8.22’de bunlara ait şekiller gösterilmiştir (DS: Elektrik dağıtım panosu).



Şekil 8.22 Luxmate bus hattı kablolama yapıları

8.3.4.3 Adresleme

Işık kontrol sisteminde, her bir kontrol ve çıkış modülü, kontrol ve programlama modülü olan LM-EG ile adreslenmektedir. Her adres 3 rakamdan oluşmaktadır.

RR / GG/ MM

RR (oda numarası): Sisteme, maksimum 99 adet oda tanımlanabilmektedir.

GG (grup numarası): 1'den 99'a kadar grup tanımlanabilir. Gruplar, her bir linye numarası olarak da düşünülebilir.

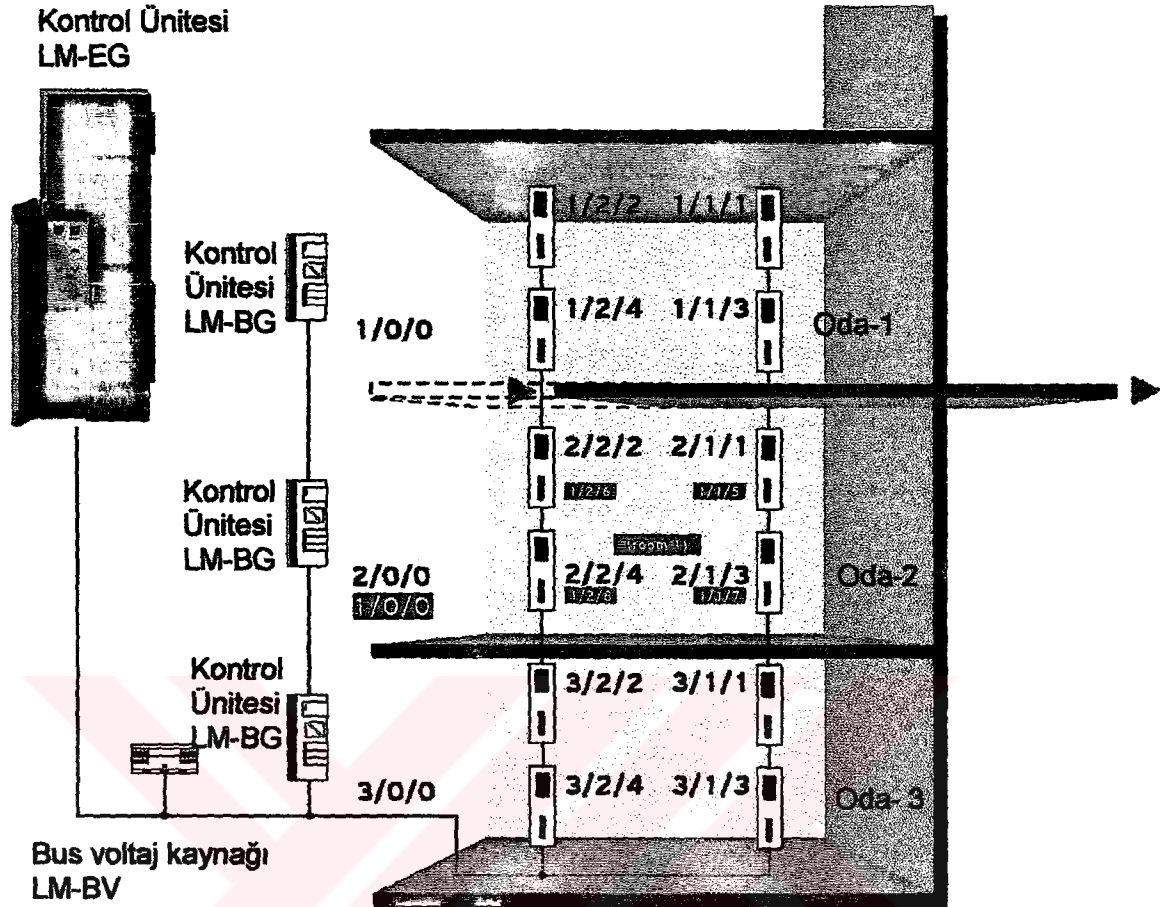
MM (modül numarası): 1'den 99'a kadar modül tanımlanabilmektedir.

Programlama sırasında en başta, kontrol edilmek istenen oda numarası atanır ve bu oda içerisinde bulunan her bir armatüre bir adres verilir. Armatürler grup numarası ve modül numarası ile belirlenirler. Armatürler veya sisteme bağlı olan diğer çıkış elemanları (jaluzi motoru vb.) LM-EG'den tek tek çağrılıp bunların her birine birer grup ve modül numarası verilir. Birden fazla armatür linyesi birleştirilip tek bir grup altında toplanabilir. Aynı grupta birleştirilmiş olan armatürlere aynı anda kontrol edilebilmektedir. Linyeleme sırasında; aynı tip armatürlerin bir linyede olmasına ve modül kapasitelerine dikkat edilmelidir.

LM-EG modülüne, yukarıda da belirtildiği gibi 99 oda tanımlanabilir. Bir oda içerisindeki tüm armatürlerin kontrolü oda numarası ile, grupların ayrı ayrı kontrolü grup numarası ile, her bir armatürün ayrı ayrı kontrolü ise modül numarası ile yapılır.

Şekil 8.23'de 3 oda tanımlanmış olup; her bir oda içerisinde 2 armatür grubu ve 4 PCA balastlı armatür bulunmaktadır. Örneğin 1/2/4 adresine sahip armatür tanımını verecek olursak; 1 nolu odadaki, 2.grupta bulunan 4 nolu armatürdür. Aydınlatma kontrol ünitesi olarak LM-BG kullanılmıştır.

LM-EG kontrol ünitesi ile, oda-1'in armatür adreslerini oda-2'ye aktararak, basit bir şekilde oda değişikliği yapılabilir. Bu durumda 2 nolu oda artık 1 nolu oda ile birlikte kumanda edilecektir. Örneğin ayırıcı (seperatör) ile birbirinden ayrılmış 2 odanın aydınlatma kontrolü farklı olmasına rağmen, ayırıcının kaldırılması ile oluşan büyük salon için oda numaraları birleştirilerek tek bir odaymış gibi tanımlanabilir.



Şekil 8.23 LM-EG kontrol ünitesi ile adresleme metodu

8.3.4.4 Sahneleme

LM-EG kontrol modülü üzerindeki 5 sahne butonunun her birine birbirinden farklı aydınlatma efektleri tanımlanabilmektedir. Bu farklı sahneler, luxmate modüllerinin hafızasında saklanmakta, bir tuşa basılarak aktif hale getirilebilmektedir. Sahneler arasındaki geçiş hızını ayarlamak mümkündür. Örneğin; kullanıcı genellikle, yoğun ışıklı bir sahneden daha loş ışıklı bir sahneye, ışığın yavaş yavaş azalarak geçmesini tercih etmektedir.

Luxmate kontrol modülleri, arzu edilen sahneyi oluşturmak için kolaylıkla çağrılabilir yapıdadır.

8.3.4.5 Maksimum esneklik

Sistemin en büyük özelliklerinden biri, programlama için bir bilgisayara ihtiyaç duymamasıdır. Projenin büyüklüğüne bağlı olarak, istenildiği takdirde, sistem RS 232 arabirimi üzerinden PC'ye bağlanılarak; tüm binayı bilgisayar ile kumanda etmek mümkündür.

Yapının planlarında değişiklik yapılması durumunda, kontrol modülü (LM-EG) aracılığı ile mevcut modüller kolaylıkla değiştirilebilir. Kabloalamada değişiklik yapılmasından ve diğer komplike işlemlerden mümkün olduğu kadar kaçınılmalıdır. Adres ayırımı veya herhangi bir modifikasyon için armatür modüllerinin içine erişmek gerekmemektedir.

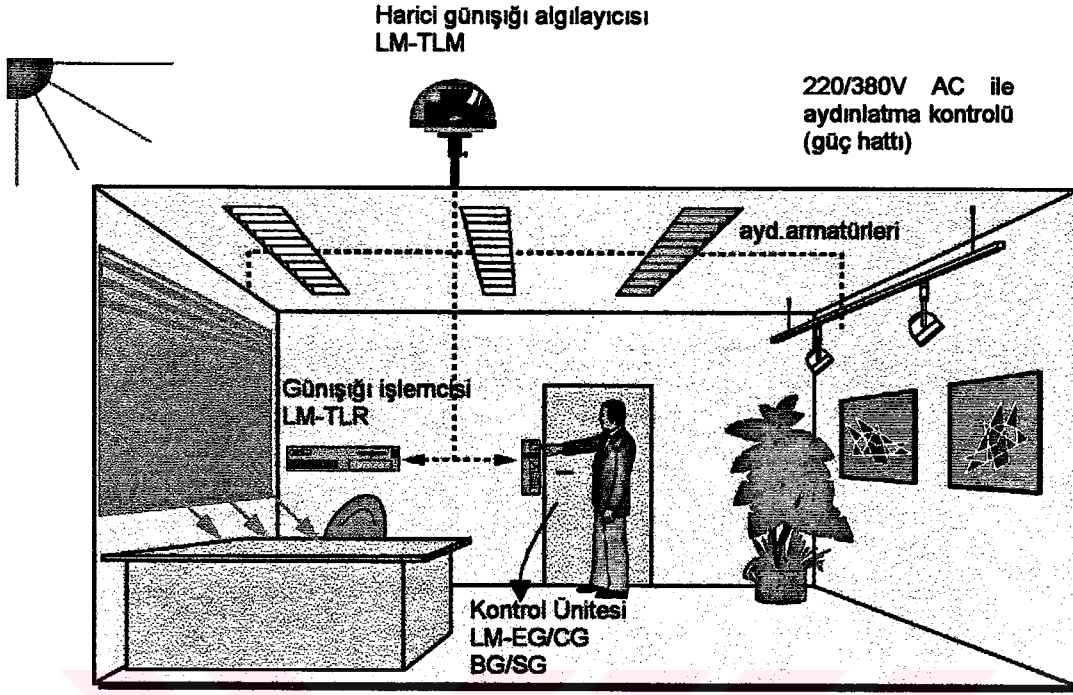
8.3.4.6 Günişliğine bağlı aydınlatma ve jaluzi kontrolü

Aydınlatma programları statik programlanabileceği gibi, günişliğine bağımlı olarak da programlanabilir. Günişliğini algılayacak olan algılayıcı (LM-TLM veya LM-TLS), ışığın algılanabileceği bir yere monte edilir. LM-TLM binanın çatısına monte edilir. LM-TLS ise oda içerisinde uygun bir yere yerleştirilir; bu daha basit sistemler için uygulanmaktadır.

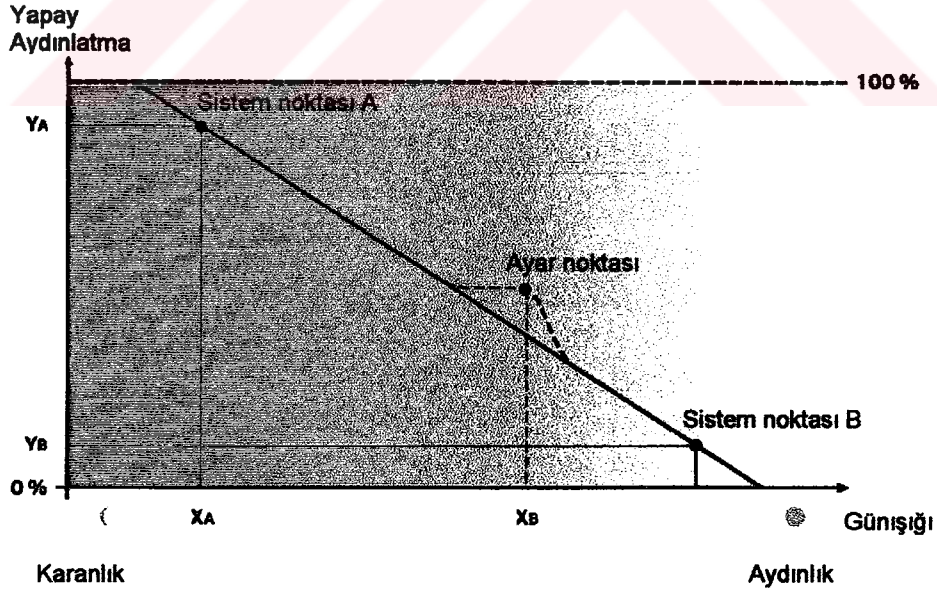
Kullanıcı kumanda paneli üzerinde, günişliğinin mevcut durumuna göre arzu edilen aydınlık seviyesini yükler. Odanın bütünündeki aydınlık düzeyi operasyon paneli üzerindeki "program" tuşuna basılarak kayıt edilir. Armatürler için seçilen parlaklık değerleri, LM-TLM günişliği algılayıcısından elde edilen değerler ile birlikte LM-TLR günişliği bilgisayarında bir bilgi tabanı (database) olarak depo edilir. Böyle bir ışık kontrol sistemi Şekil 8.24'de gösterilmiştir.

Her armatür kendisinin bireysel modülü ile tek başına kontrol edilebilir. Sistem, yerel gölgeler, güneşin yatay veya paralel açıları gibi daha detaylı bilgileri de dikkate alacak bilgi ve beceriye de sahiptir. Armatürlerin kesin kontrolü, girilen daha fazla detayla artacaktır. Programlanmış ofset noktaları arasındaki değerler enterpolasyona tabi tutulmaktadır. LM-TLM günişliği algılayıcısı 8 farklı açıda ölçüm yapabilmektedir. Bu algılayıcının çalışma karakteristiği Şekil 8.25'de gösterilmiştir.

Ayarlar bilgisayara gerek kalmaksızın odanın içindeki operasyon paneli üzerinden yapılabilmektedir.

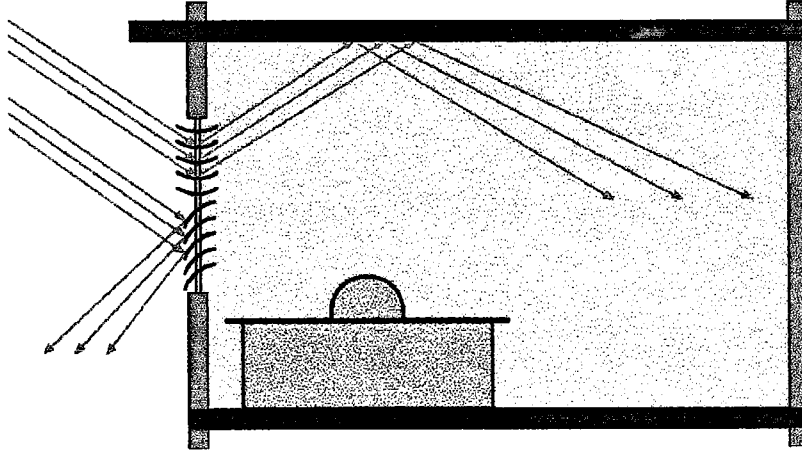


Şekil 8.24 LM-TLR güneşi işlemcili aydınlatma kontrol sistemi



Şekil 8.25 LM-TLM güneşi algılayıcısının çalışma prensibi

Luxmate Profesyonel Sistem, güneşine bağlı değerler yardımı ile "jaluzi yönetimi yazılımı" kullanarak jaluzilere kumanda edebilir yapıdadır. Jaluzilerin durumu güneşin dik gelen açlarına göre ayarlanır.



Şekil 8.26 Jaluzi kontrolü ile güneşışığının oda içerisinde yönlendirilmesi

Jaluzi pozisyonları güneşin durumuna göre otomatik olarak ayarlanabilir. Şekil 8.26'da güneşışığı, aynalı jaluzi bıçakları ile odanın tavanına yönlendirilmiştir. Böylece, tavanda homojen güneşışığı dağılımı oluşturulup, direkt güneş ışığının rahatsız edici etkisi ortadan kaldırılmıştır.

Kullanıcı yapılan aktiviteye göre doğru programı seçebilir:

VDT (bilgisayarla çalışma) işi: Otomatik olarak armatürleri, ekran kontrastına göre azaltılmış parlaklık seviyesine ayarlar. Otomatik jaluzi kumanda sistemi ise kamaşmayı önleyecek ve aşırı yoğunluktaki ışık miktarının pencerelerden içeri girmesini engelleyecek şekilde çalışır.

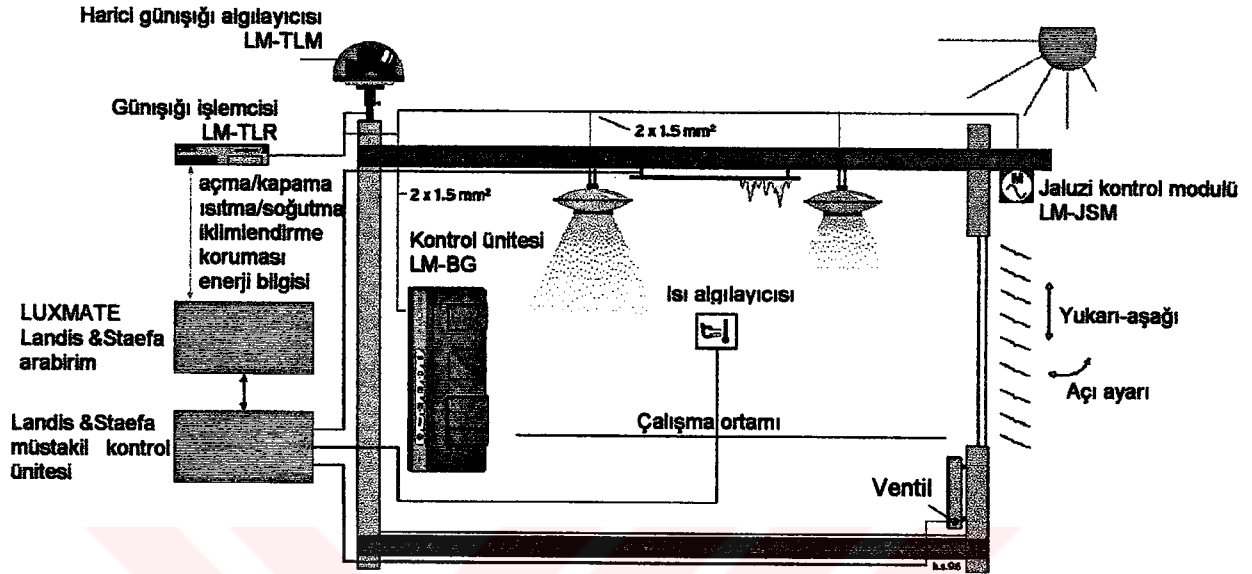
Masa üzerinde çalışma: Program, çalışma masası üzerinde aydınlık seviyesinin yeterli olması için çalışacaktır. Jaluzi kontrol sistemi ise mümkün olduğu kadar güneşışığının (direkt olmayacak şekilde) "iklim kontrol" fonksiyonunda içeri girmesine müsaade eder.

Diğer aktiviteler: Kullanıcı istediği zaman oda içindeki operasyon panelini kullanarak otomatik pozisyonun dışında elle istediği aydınlık seviyeleri ve jaluzi konumlarını da girebilir.

8.3.4.7 Sıcaklık, ısı ve havalandırma kontrolü

"Landis&Staefa" ve "Johnson Control" gibi diğer bina otomasyon sistemleri ile "LM-BMS" (Building Management System) yazılımı aracılığıyla, problemsiz bağlantı

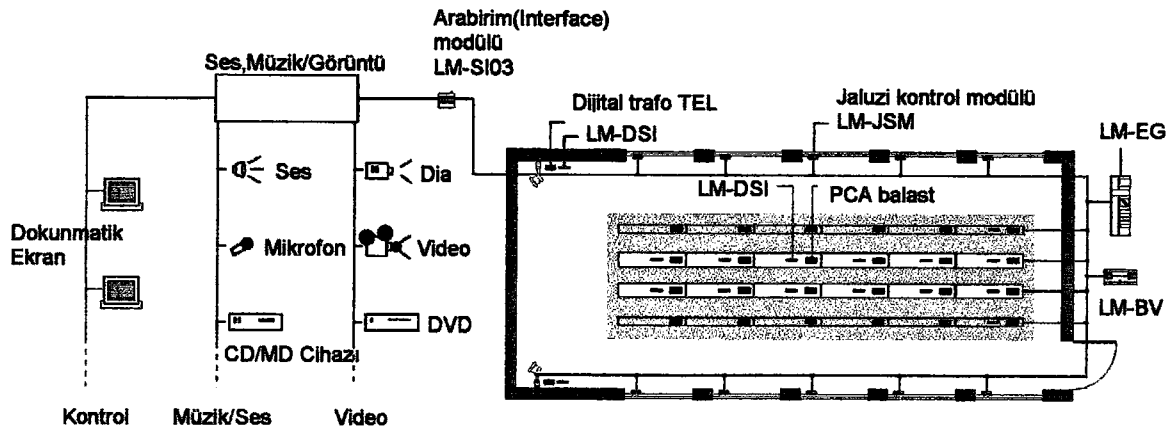
kurulabilir. Bu sistemlerde meydana gelecek arızalar luxmate sistemini etkilememektedir.



Şekil 8.27 Luxmate sisteminin Landis&Staefa sistemi ile birlikte kullanılması

8.3.4.8 Ses ve görüntü sistemlerinin kontrolü

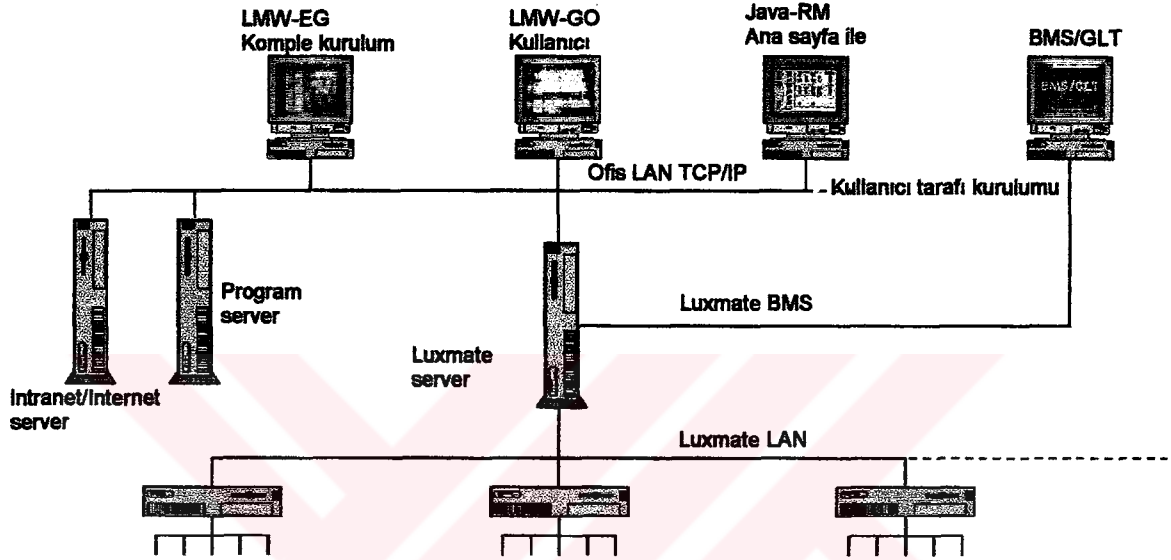
Sisteme ilave edilecek LM-SI03 arabirim modülü ile gerçekleştirilebilmektedir. Bağlantı şeması basitçe aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 8.28 Ses ve görüntü sistemlerinin kontrolü

8.3.4.9 Intranet/Internet yardımı ile haberleşme

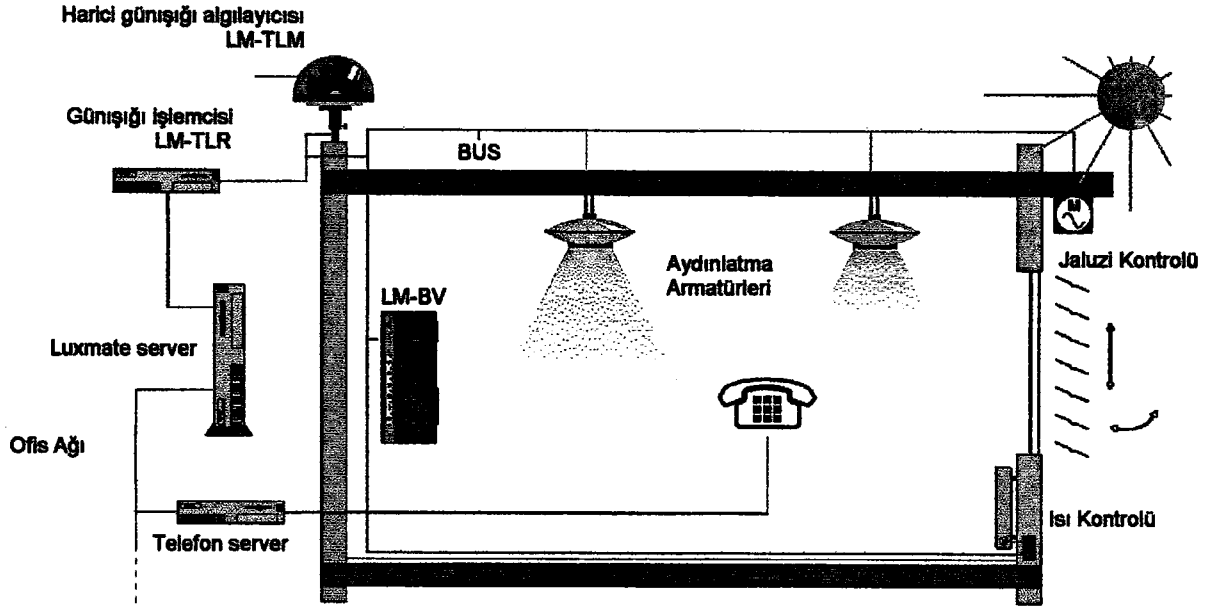
Java-RM oda yönetimi yazılımı sayesinde, herhangi bir yerden luxmate sisteminin kurulu olduğu bir binayı, internet üzerinden kontrol etmek mümkündür. Bunun için intranet/internet server'a ihtiyaç vardır. Sistemin bağlantı şeması Şekil 8.29'da gösterilmiştir.



Şekil 8.29 Intranet/Internet üzerinden luxmate sisteminin kontrolü

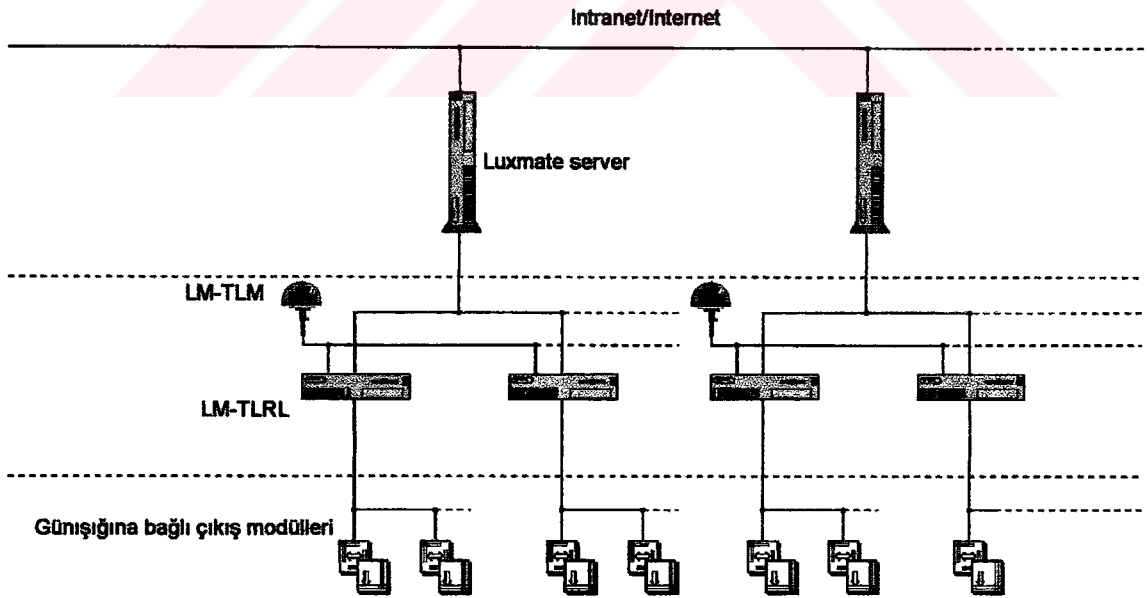
8.3.4.10 Telefon ile uzaktan kontrol

Bir telefon server aracılığı ile sistemin telefon ile kontrolü çok basittir. Böyle bir sisteme basit bir örnek Şekil 8.30'da verilmiştir.



Şekil 8.30 Telefon ile luxmate sisteminin kontrolü

8.3.4.11 Güneşiği sistem kapasitesi



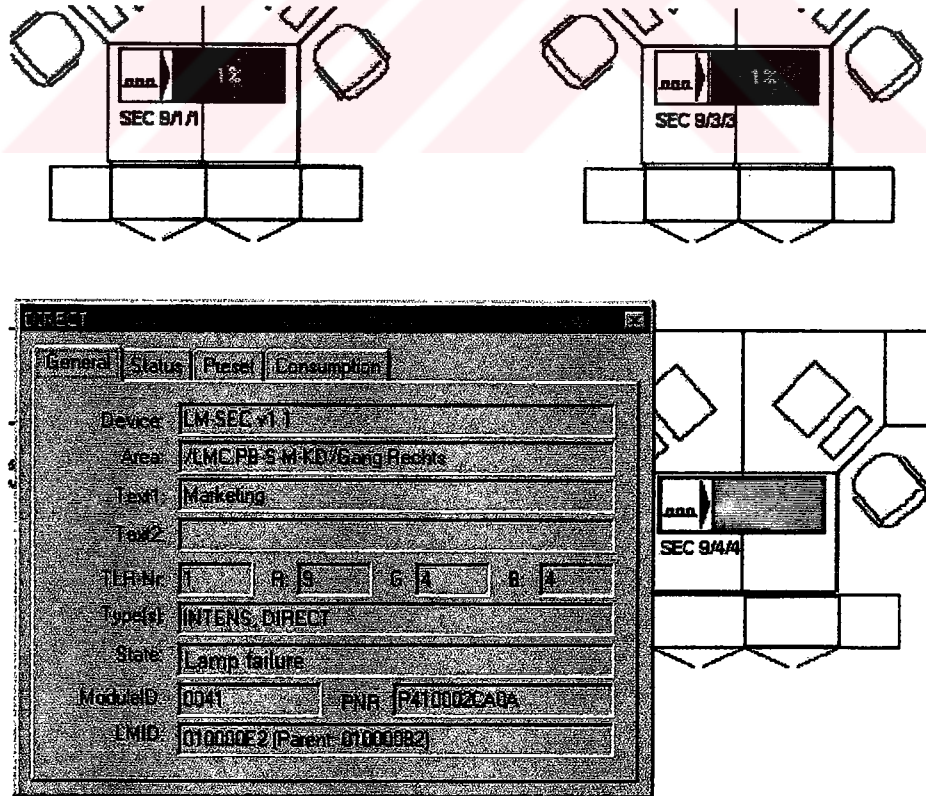
Şekil 8.31 Güneşiği sistem bağlantı şeması

LMW-SG: Lokal kontrol ünitesi yazılımıdır. Luxmate sistemine bağlı tüm odaların, luxmate kontrol ünitesi (LM-SG gibi) yazılım (software) uyarlaması olan bir PC'den, Windows ortamında kontrolünü sağlamaktadır. Bilgisayar ekranından kontrol modülünün görüntüsü görülebilir. Aydınlatma veya diğer otomasyon sistemlerine aynı kontrol edilebilmektedir. Luxmate hizmet sağlayıcısı ve ağ (network) hizmet sağlayıcısı ile birlikte kullanılmaktadır.

LMW-ELM: Acil durum aydınlatması yönetim yazılımıdır. Acil durum aydınlatmasının bilgisayar üzerinden kontrolünü sağlamaktadır. Şebeke voltajının ve acil durum aydınlatmasının görüntülenmesini, testlerin otomatik yürütülmesini sağlamaktadır.

LMW-GO: Grafik görüntüleme yazılımıdır. Kullanıcıya, luxmate modüllerinin rahatça kontrol edilmesi imkanını sunmaktadır. Kullanıcı hakları merkezi olarak tanımlanabilmektedir.

Merkezi görüntüleme ve kontrol yapılabilmekte (modül tipi, modül ayarları, alarm listesi, oda sahne ayarları, çalışma saatleri, enerji tüketimi, bina durumu v.b.), arızaların (modül veya lamba arızaları) anında tespiti ve raporlanması sağlanmaktadır.



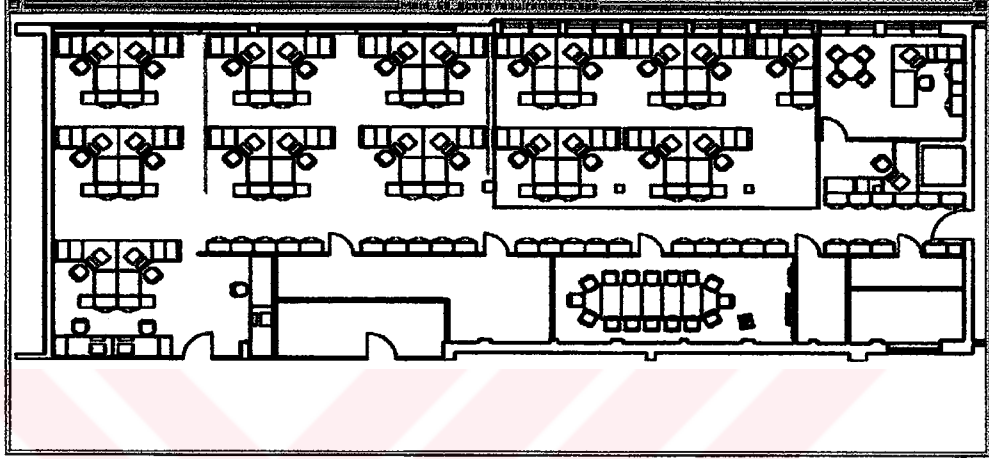
Şekil 8.33 LMW-GO yazılımı ile sistem kontrolü

LMW-GO yazılımının gereksinimleri;

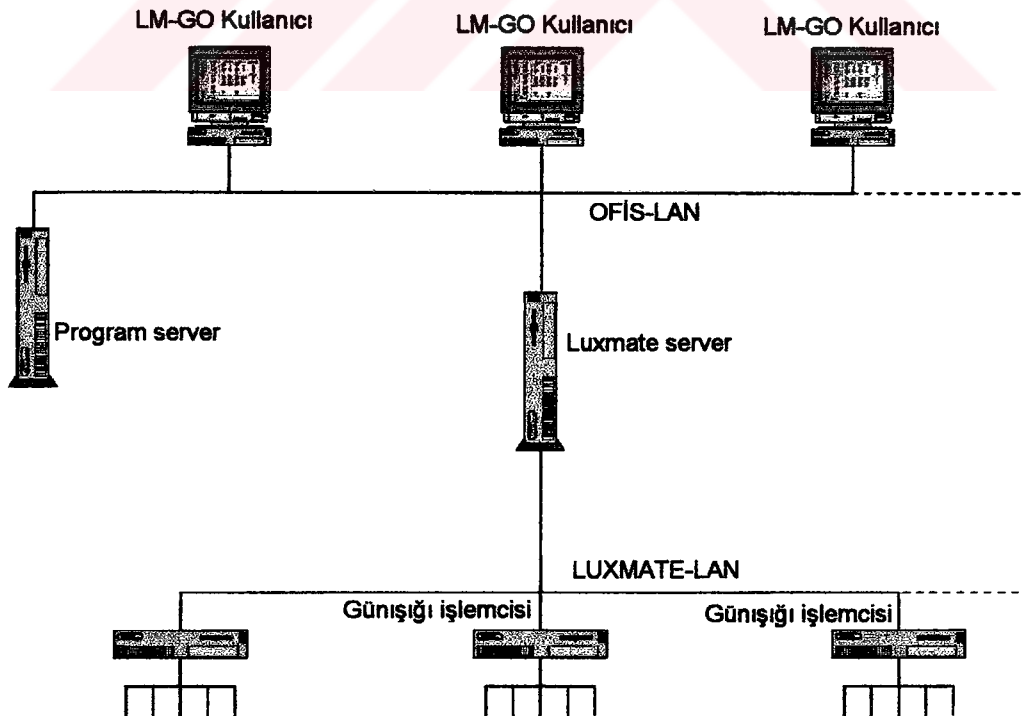
Windows 95/98 veya NT4.0

Pentium 166 MHz veya üzeri PC

Luxmate server bağlantısı



Şekil 8.34 LMW-GO yazılımı ile bilgisayar ekranından oda seçimi



Şekil 8.35 Bilgisayar kontrollü aydınlatma sisteminin bağlantı şeması

Şekil 8.35'deki gibi LUXMATE günüşiğine bağı bilgisayar kontrollü sistem tasarımında, aşağıda belirtilen yazılım ve donanımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

- LMW-GO yazılımı
- LUXMATE server yazılımı
- LUXMATE LAN ağı (network) bağlantısı
- Ofis LAN ağı (network) bağlantısı
- LM-TLR günüşiğı işlemcisi

LMW-JM: Windows ortamında çalışan jaluzi yönetim yazılımı olup, dışardaki günüşiğine bağı olarak jaluzi durumlarının değışmesini sağlamaktadır. Ayrıca zamana bağı jaluzi kontrolü imkanı da sunmaktadır.

LMW-ZM: LMW-ZM windows ortamında çalışan zaman yönetim yazılımıdır. Zamana bağı kontrolün bilgisayar üzerinden yapılabilmesi için LM-TLR günüşiğı işlemcisi ve TLR-ZM yazılımına ihtiyaç duyulmaktadır.

LMW-Admin yazılımı: Windows ortamında çalışan yazılım olup, ekrandan her bir armatür, jaluzi, havalandırma ve sıcaklık birimlerine ayrı ayrı ulaşılabilir. Örneğin bir armatürün seçiminde ve kontrolünde aşağıdaki gibi bir komut yazmak yeterli olacaktır.

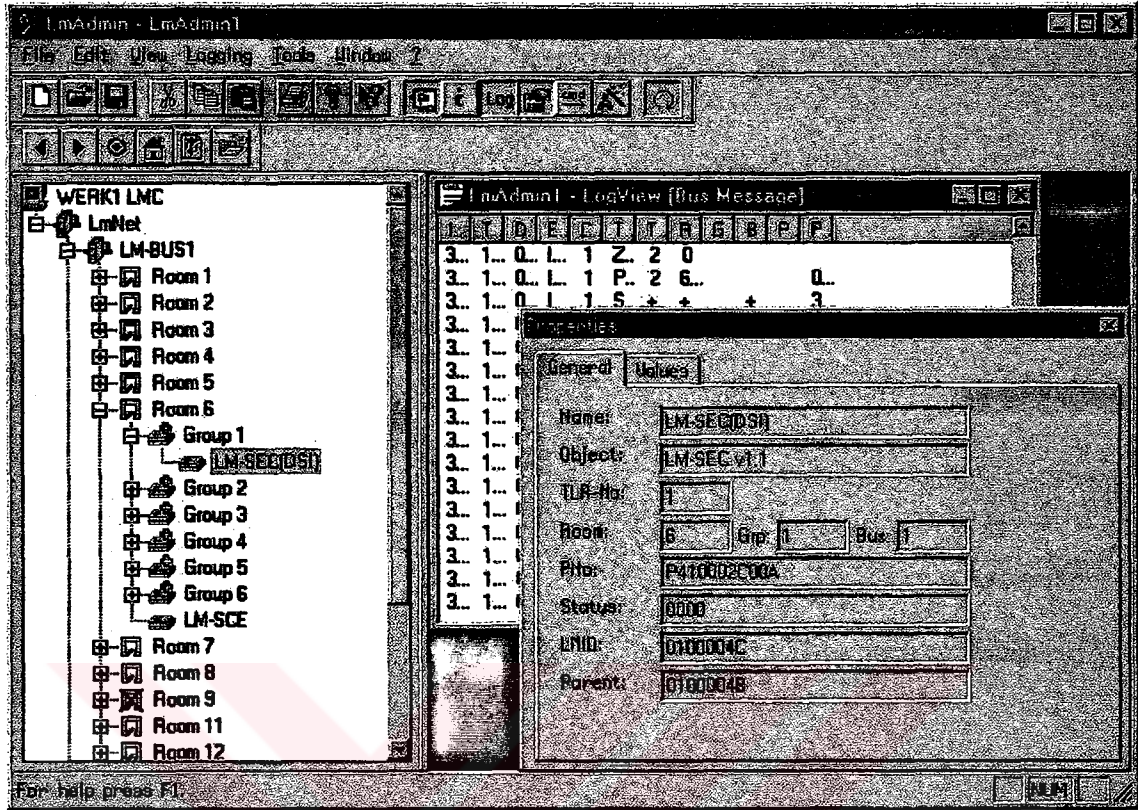
R1G2L3S1W243Eee , bu komut

room 1, grup 2, armatür 3, sahne 1, değıer 243 olan armatür anlamına gelmektedir. Genel olarak komut şekli;

RrGgLISSWwwwEee

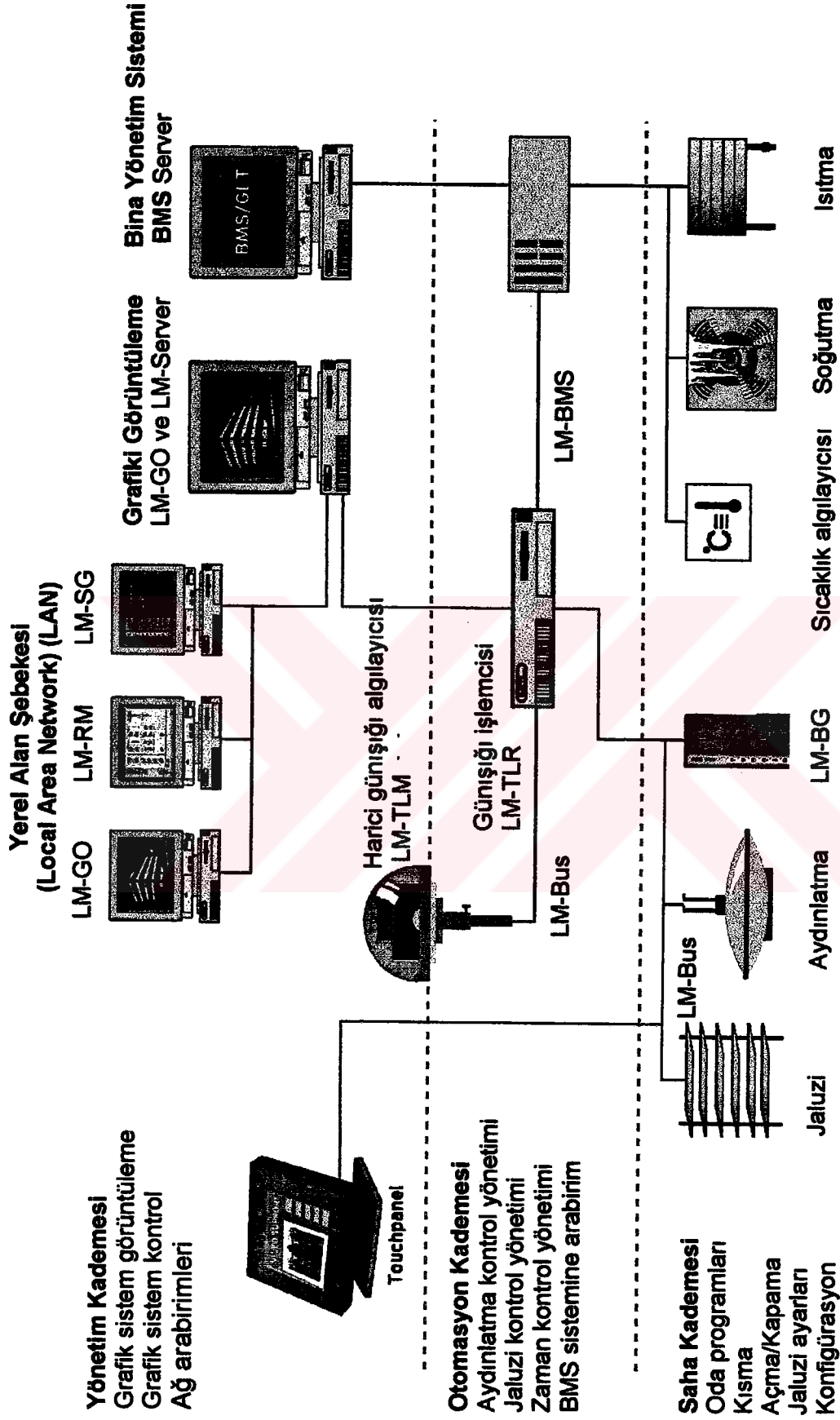
oda r, grup g, armatür l, sahne s, değıer www(0...255), error ee şeklinde tanımlanır. Yukarıdaki örnekte olduğı gibi e'nin 0 olması hatanın olmadığı anlamına gelmektedir.

Şekil 8.36'da LMW-Admin yazılımının ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 8.36 LMW-Admin yazılımının ekran görüntüsü

Buraya kadar anlatılan; aydınlatma, jaluzi, ısı, sıcaklık, havalandırma kontrollerinin bir "dokunmatik ekran" (touch panel) üzerinden yapılmasına ait sistemin bağlantı şeması Şekil 8.37'de gösterilmiştir. Dokunmatik panel sisteme LM-SI03 ara birimi üzerinden bağlanmaktadır [41,42].



Şekil 8.37 Luxmate ışık kontrol sisteminin dokunmatik ekran (touch panel) üzerinden kontrolü

8.4 Luxmate Işıık Kontrol Sisteminin Bir Uygulaması

Bu bölümde, aydınlatma projesi ve luxmate ışık kontrol sistemi projesi yapılan ve aydınlatma kontrol sistemi devreye alınan İstanbul'daki bir "Otel Projesi" tanıtılacaktır. Otelin, oda katları dışındaki 3 katı luxmate ışık kontrol sistemi ile kontrol edilmektedir. Burada projenin küçük bir kısmı ele alınarak; zemin katta bulunan 3 toplantı odası ve hol için sistem incelenecektir. Proje planı ve linyeleme Şekil A.1'de gösterilmiştir.

Oda 1 ve Oda 2'de "profesyonel sistem (professional system)" uygulaması, Oda 3 ve Oda 4'de ise "basit sistem (basic system)" uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Oda 1'de, odanın her iki tarafından da kontrolü sağlamak için LM-EG ve LM-BG kontrol üniteleri, projeksiyon perdesi ve jaluzi kontrolü, IR algılayıcı ve IRS uzaktan kumanda bulunmaktadır. Oda içerisinde 3 armatür grubu mevcut olup, floresan ve halojenler ayrı ayrı linyelenmiştir. Linyeleme yaparken kullanıcı isteğine ve modül kapasitelerine de dikkat edilmiştir. LM-EG kontrol ünitesi ile 5 sahne oluşturulmuştur. LM-BG kontrol ünitesi bu sahnelerin sadece ilk 3'ünü görmektedir.

1. sahne: Tüm oda armatürleri açık.
2. sahne: Floresanlar açık, halojenler %50 loşluk seviyesinde yanıyor.
3. sahne: Floresanlar açık, halojenler kapalı.
4. sahne: Floresanlar kapalı, halojenler açık.
5. sahne: Floresanlar ve halojenler %70 loşluk seviyesinde yanıyor.

Oda 2, Oda 1'de bulunan LM-EG kontrol ünitesinden programlanmıştır. Oda numarası 2 olarak tanıtılmıştır. Kontrol LM-SG kontrol ünitesi üzerinden yapılmaktadır. Bununla mekan içerisinde 3 farklı sahneye ulaşılabilir.

Oda 3 ve Oda 4'de basit sistem kullanılmıştır. Bu odalarda masa üzerinde bir floresan grubu ve kenarlarda halojen grupları bulunmaktadır. Armatür gruplarının her biri kapı girişi ve pencere kenarlarına konulan loşluk anahtarları ile kontrol edilmektedir. Anahtarlar ile açma/kapama ve loşlaştırma yapılabilir.

Sisteme ait bağlantı şemaları EK-A'da verilmiştir.

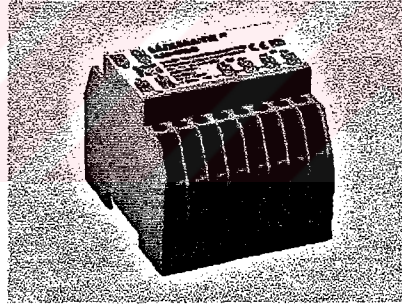
9. LUXMATE KONTROL SİSTEMİ GENEL MODÜL BİLGİLERİ

Bu bölümde Luxmate aydınlatma kontrol sisteminde kullanılan modüllerin bir kısmı incelenmiştir. Bu modülleri; kumanda modülleri, fonksiyon modülleri, bus sistem modülleri, kontrol üniteleri ve otomasyon modülleri olmak üzere beş grupta toplamak mümkündür. Aşağıda her bir modülün özellikleri ve resimleri verilmiştir.

9.1 Kumanda Modülleri

9.1.1 LM-2ANAS

1-10 V'luk çıkış modülüdür.



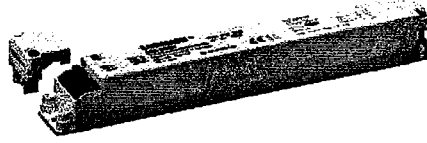
Şekil 9.1 LM-2ANAS modül görünümü

Özellikleri:

- Analog sinyalle çalışan ünitelere kumanda için kullanılır.
- Aynı kumanda edilebilen 2 kanalı mevcuttur.
- Boyutlar :70 x 90 x 59mm

9.1.2 LM-DSI

Loşlaştırılabilir balastlar ve loşlaştıncılar için kumanda modülüdür.



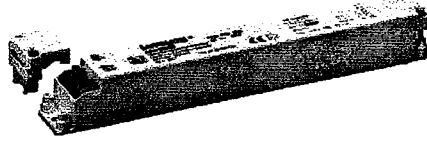
Şekil 9.2 LM-DSI modül görünümü

Özellikleri:

- 10 adet dijital balast bağlama imkanı vardır.
- DALI balastlarla uyumludur.
- Polaritesiz kontrol hattına sahiptir (D1/D2).
- Balasttan gelen geri bilgi ile bina otomasyon sistemlerine arıza bilgisi aktarımı yapabilirler.
- Boyutları: 230 x 30 x 28mm

9.1.3 LM-2DSI

Loşlaştırılabilir balastlar ve loşlaştıncılar için kumanda modülüdür.



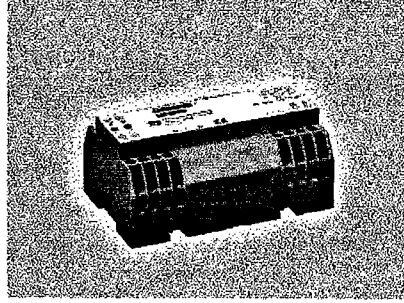
Şekil 9.3 LM-2DSI modül görünümü

Özellikleri:

- 2 bağımsız kanal mevcut olup, her kanala 10 dijital balast bağlama imkanı vardır.
- DALI balastlarla uyumludur.
- Polaritesiz kontrol hattına sahiptir (D1/D2).
- Balasttan gelen geri bilgi ile bina otomasyon sistemlerine arıza bilgisi aktarımı yapabilirler.
- Boyutları: 230 x 30 x 28mm

9.1.4 LM-3DSI

Loşlaştırılabilir balastlar ve loşlaştıncılar için kumanda modülüdür.



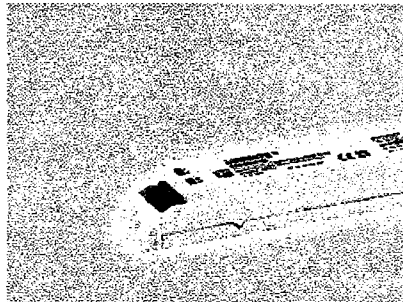
Şekil 9.4 LM-3DSI modül görünümü

Özellikleri:

- 3 bağımsız kanal mevcut olup, her kanala 100 dijital balast bağlama imkanı vardır.
- DALI balastlarla uyumludur.
- Polaritesiz kontrol hattına sahiptir (D1/D2).
- Balasttan gelen geri bilgi ile bina otomasyon sistemlerine arıza bilgisi aktarımı yapabilirler.
- Boyutlar:140 x 90 x 59mm

9.1.5 LM-IR2DSI

Loşlaştırılabilir balastlar ve loşlaştıncılar için kumanda modülüdür.



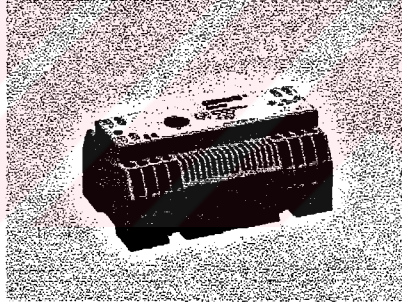
Şekil 9.5 LM-IR2DSI modül görünümü

Özellikleri:

- 2 bağımsız kanala sahip olup, her kanala 10 dijital balast bağlama imkanı vardır.
- DALI balastlarla uyumludur.
- Polaritesiz kontrol hattına sahiptir (D1/D2).
- Balasttan gelen geri bilgi ile bina otomasyon sistemlerine arıza bilgisi aktarımı yapabilirler.
- IRED/IREL algılayıcıları bağlanarak uzaktan kumanda ile kullanılabilirler.
- Boyutları: 230 x 30 x 28mm

9.1.6 LM-PD

Enkandesen ampuller ve manyetik trafolar için loşlaştırma modülüdür.



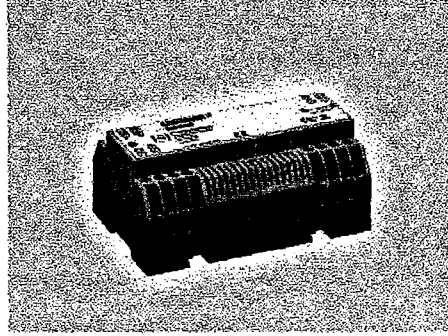
Şekil 9.6 LM-PD modül görünümü

Özellikleri:

- 30-1000VA kullanım aralığına sahiptir. Bunun anlamı modüle maksimum 1000VA'e kadar yük bağlanabilmektedir.
- Modül üzerinde değiştirilebilir cam sigorta mevcuttur.
- Boyutlar: 140 x 90 x 59mm

9.1.7 LM-PAD

Erkandesen ampuller ve elektronik trafolar için loşlaştırma modülüdür.



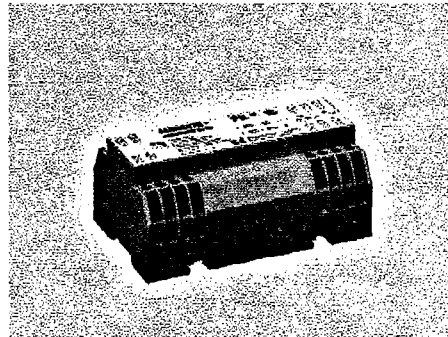
Şekil 9.7 LM-PAD modül görünümü

Özellikleri:

- 30-1000VA kullanım aralığına sahiptir.
- Sigorta LM-PD'de olduğu gibi değil, modülün içinde bulunmaktadır.
- Boyutlar: 140x90x59 mm

9.1.8 LM-RUKS

Röle modülüdür. Sadece açma-kapama işlemi yapabilirler. Loşlaştırma amaçlı kullanılamazlar.



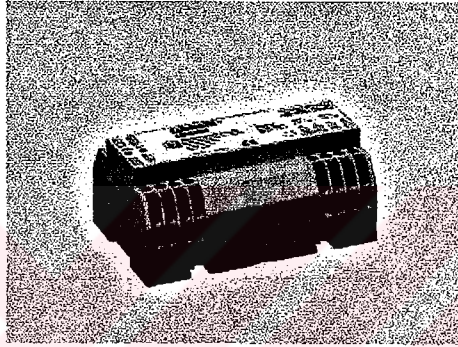
Şekil 9.8 LM-RUKS modül görünümü

Özellikleri:

- 3 adet 16A (omik) bağımsız kontak mevcuttur.
- Test butonu ile modülün bozuk olup olmadığını anlamak mümkündür.
- Boyutlar:140 x 90 x 59mm

9.1.9 LM-2JSM

AC motorlu jaluzi kumanda modülüdür.



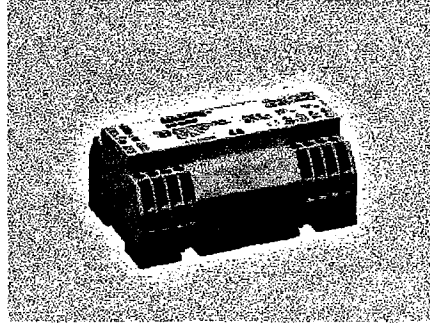
Şekil 9.9 LM-2JSM modül görünümü

Özellikleri :

- 2 adet 230 V AC beslemeli jaluzi motorunu birbirinden bağımsız sürebilir.
- Aşağı/yukarı hareket ve jaluzi bıçak açılarını ayarlamak mümkündür.
- LM-TLR günüşiği bilgisayarı ve LM-TLM algılayıcısı ile kullanıldığında, güneşin konumuna göre perde durumunu otomatik ayarlamak mümkündür.
- Test butonu özelliğine sahiptir.
- Loşluk anahtarı yardımıyla jaluzilere direkt modülden kumanda mümkündür.
- Boyutlar:140 x 90 x 59mm

9.1.10 LM-2JSMX

DC motorlu jaluzi kumanda modülüdür.



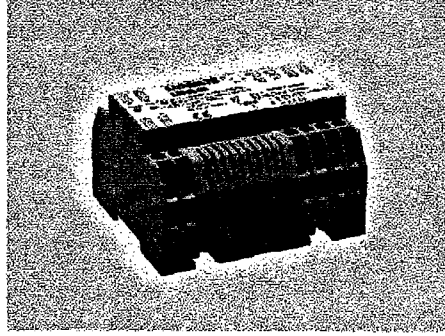
Şekil 9.10 LM-2JSMX modül görünümü

Özellikleri:

- 2 adet DC beslemeli jaluzi motorunu birbirinden bağımsız sürebilir.
- Aşağı/yukarı hareket ve jaluzi bıçak açılarını ayarlamak mümkündür.
- LM-TLR güneşiği bilgisayar ve LM-TLM algılayıcısı ile kullanıldığında, güneşin konumuna göre perde durumunu otomatik ayarlamak mümkündür.
- Test butonu özelliği mevcuttur.
- Loşluk anahtarı yardımıyla jaluzilere direkt modülden kumanda mümkündür.
- Boyutlar:140 x 90 x 59mm

9.1.11 LM-2LSM

Sunum (projeksiyon) perdesi kumanda modülüdür.



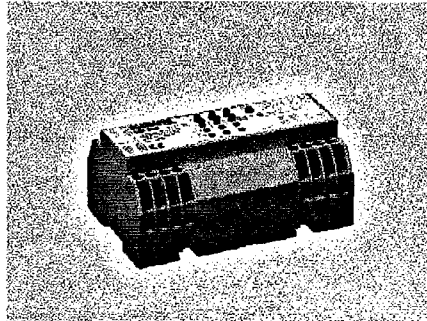
Şekil 9.11 LM-2LSM modül görünümü

Özellikleri:

- 2 adet 230V AC beslemeli perde motorunu birbirinden bağımsız sürebilir.
- Test butonu özelliğine sahiptir.
- Boyutlar: 110 x 90 x 59mm

9.1.12 LM-TLS

Güneşiğine bağlı kumanda modülüdür.



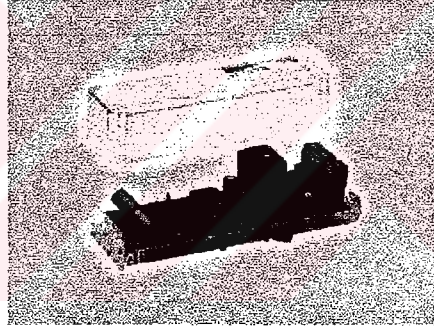
Şekil 9.12 LM-TLS modül görünümü

Özellikleri:

- 3 tane 100 adetlik loşlaştırılabilir balastlı (veya Luxmate loşlaştırcılı) grubu günüşiğine bağılı olarak kontrol eder. Günüşiğı LM-TLS'e bağılı LSD ışıık algılayıcısı ile denetlenmektedir.
- İstenildiğinde günüşiğından bağımsız da çalıştırılabilir (elle).
- LM-EG aracılığı ile 5 farklı ışıık sahnesi programlanabilir. 1. ve 2. sahneler otomatik olarak günüşiğına bağılı aydınlatma kontrolü için çalışmaktadır.
- Boyutlar:140 x 90 x 59mm

9.1.13 LM-K2H

Isıtma ve havalandırma modulüdür.



Şekil 9.13 LM-K2H modül görünümü

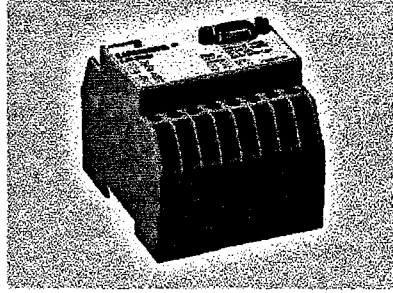
Özellikleri:

- 2 ayrı ısıtma devresi bağımsız olarak kontrol edilebilir.
- LM-BG ortak kumanda panelinden ısı ayarlama imkanı vardır.
- Farklı konfigürasyon seçenekleri mevcuttur.
- Boyutlar:200 x 70 x 50mm

9.2 Fonksiyon Modülleri

9.2.1 LM-ZSQ

Çevrim modülüdür.



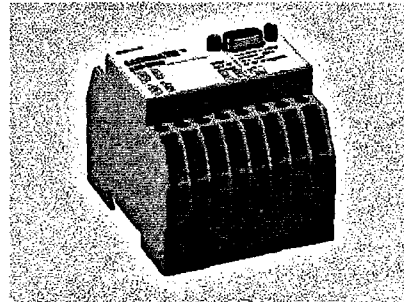
Şekil 9.14 LM-ZSQ modül görünümü

Özellikleri:

- Farklı tasarlanan sahneler arasında sıralı geçişlerin tasarlanması ile “dinamik ışık” elde etme imkanı sunmaktadır. Özellikle son zamanlarda uygulaması yaygınlaşan BARRISOL ışıklı tavan sistemlerinde kullanılarak, sistemde değişik ışık sahneleri oluşturma imkanı sağlamıştır.
- Esnek ayarlama menüsüne sahiptir.
- Boyutlar 70 x 90 x 59mm

9.2.2 LM-ZSM

Zaman kontrol modülüdür.



Şekil 9.15 LM-ZSM modül görünümü

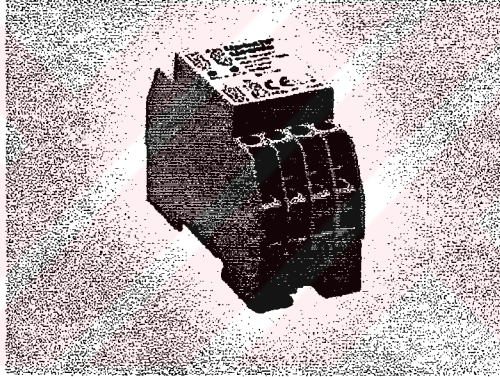
Özellikleri :

- **Sisteme saat ve tarih bilgisi verir.**
- **Her oda için 3 farklı açılış/kapanış saati, haftalık çalışma takvimi ve istenen zamanda istenen sahneye geçişi mümkün hale getirir.**
- **Boyutlar 70 x 90 x 59mm**

9.3 Bus Sistem Modülleri

9.3.1 LM-BVS35

15V DC bus (bilgi hattı) voltaj üreten modüldür.



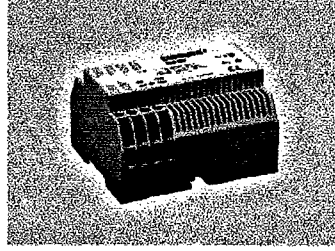
Şekil 9.16 LM-BVS35 modül görünümü

Özellikleri :

- **35 adet Luxmate modulünü besleyecek kapasitede bus voltaj üreticidir.**
- **Boyutlar :35 x 90 x 59mm**

9.3.2 LM-BV

15V DC bus (bilgi hattı) voltaj üreten modüldür.



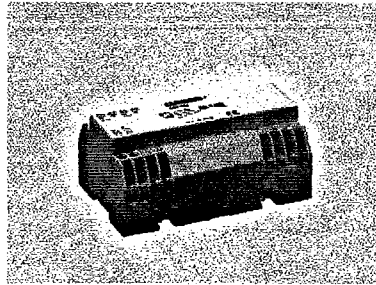
Şekil 9.17 LM-BV modül görünümü

Özellikleri :

- 100 adet Luxmate modülünü besleyebilir.
- Özel bağlantısı sayesinde 2 adet LM-BV arka arkaya bağlanarak, kesintisiz servis sağlanabilir.
- Boyutlar : 105 x 90 x 59mm

9.3.3 LM-BK

Bus kuplör modülüdür.



Şekil 9.18 LM-BK modül görünümü

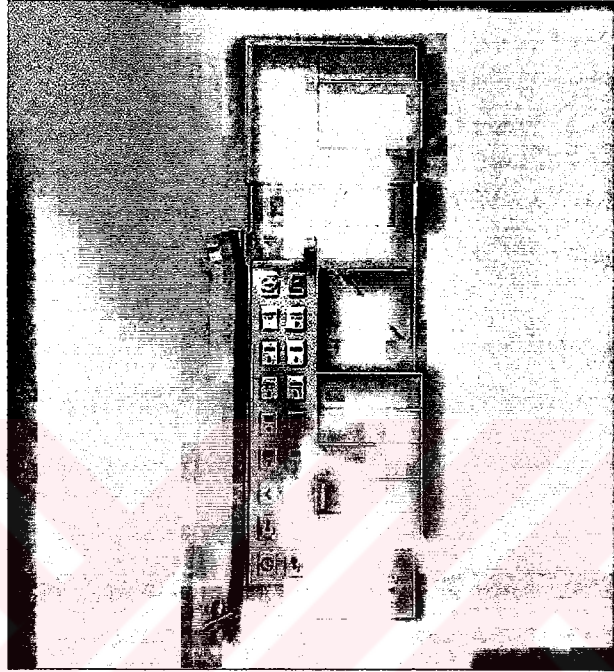
Özellikleri :

- Birden fazla bus sektörünü birbirinden opto-kuplör yardımıyla ayırarak olası zararları önler.
- Boyutlar : 140 x 90 x 59mm

9.4 Kontrol Üniteleri

9.4.1 LM-CG

Duvar kumanda panelidir (5 sahneli).



Şekil 9.19 LM-CG modül görünümü

Özellikleri :

- Luxmate sistemini adresleme özelliğine sahiptir.
- 99 odaya erişim imkanı verir.
- Ön bölümde; açma-kapama, loşlaştırma, sahne butonları
- İç bölümde; 6 ışık, 4 jaluzi ve 1 sunum perdesi için ayrı ayrı butonla erişim imkanı mevcuttur.
- Kapalıyken yerini belli eden LED mevcuttur. Görüntülü bir ekrana sahiptir. Zaman modülünün kullanıldığı sistemlerde ekranda saat ve tarih görülebilir.
- Kapsamlı ayar menüsüne sahiptir.
- Boyutlar :247 x 83 x 52mm

9.4.2 LM-EG

Duvar kumanda panelidir (5 sahneli).



Şekil 9.20 LM-EG modül görünümü

Özellikleri :

- Luxmate sistemini adresleme özelliğine sahiptir.
- 99 odaya erişim imkanı vardır.
- Ön bölümde; açma-kapama, loşlaştırma, sahne butonları mevcuttur.
- İç bölümde; grup/adres ayar menüsü ile 99 grup oluşturulabilir.
- Kapalıyken yerini belli eden LED mevcuttur. Görüntülü bir ekrana sahiptir. Zaman modülünün kullanıldığı sistemlerde ekranda saat ve tarih görülebilir.
- Kapsamlı ayar menüsü mevcuttur.
- Boyutlar :247 x 83 x 52mm

9.4.3 LM-BG

Duvar kumanda panelidir (3 sahneli).



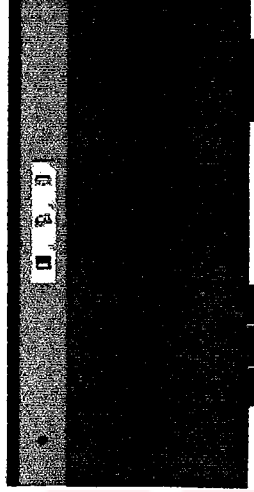
Şekil 9.21 LM-BG modül görünümü

Özellikleri :

- Ön bölümde; açma-kapama, loşlaştırma, sahne ve grup erişim butonları vardır.
- 2 ışık, 2 perde, 1 ısı ve 1 havalandırma grubuna tek butonla erişim ve ayar imkanı sağlar.
- Kapalıyken yerini belli eden LED mevcuttur.
- Boyutlar :180 x 83 x 52mm

9.4.4 LM-SG

Duvar kumanda panelidir (3 sahneli).



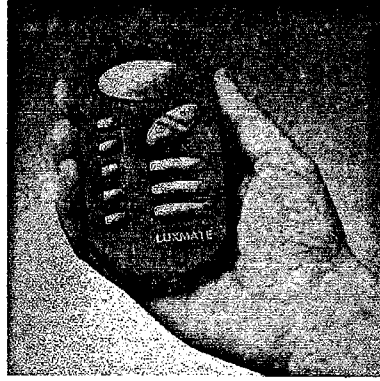
Şekil 9.22 LM-SG modül görünümü

Özellikleri :

- Ön bölümde; açma-kapama, loşlaştırma, sahne ve grup erişim butonları
- 1 direkt aydınlatma, 1 endirekt aydınlatma, 1 perde grubuna tek butonla erişim ve ayar imkanı
- Kapalıyken yerini belli eden LED.
- Boyutlar :180 x 83 x 52mm

9.4.5 LM-IRS

IR uzaktan kumanda cihazıdır.



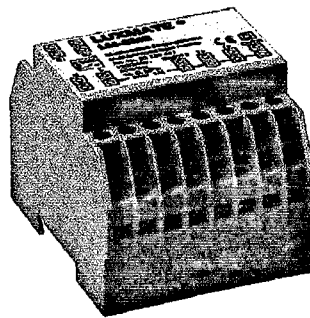
Şekil 9.23 LM-IRS kumanda görünümü

Özellikleri :

- Açma-kapama, loşlaştırma, 3 sahne ve 5 grup erişim butonuna sahiptir.
- İki noktadan LED sistemi ile geniş sinyal gönderim kapasitesi ve 15 metrelik çalışma alanı mevcuttur.
- Sahne kaydetme fonksiyonu özelliği vardır.

9.4.6 LM-SDE

Loşluk anahtar giriş modülüdür.



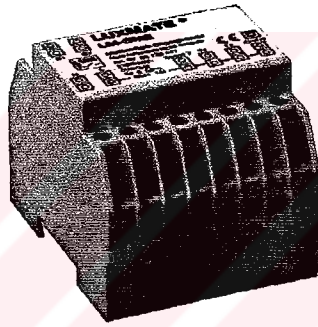
Şekil 9.24 LM-SDE modül görünümü

Özellikleri :

- Loşluk anahtarna bağlanarak, birbirinden bağımsız olarak 4 grup açılıp kapatılabilir ve loşlaştırılabilir. Her 4 gruba da istenilen sayıda paralel anahtar bağlanabilir.
- Bağlanacak anahtarların herhangi bir elektronik özelliği olmayıp, yaylı tipte olması yeterlidir (Vimar, Bufer Leg.v.b.).
- Boyutlar :70 x 90 x 59mm

9.4.7 LM-SCE

Açma-kapama anahtar giriş modülüdür.



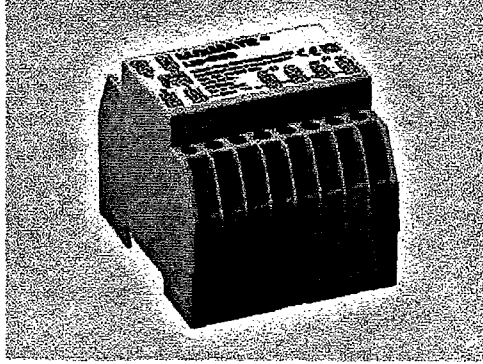
Şekil 9.25 LM-SCE modül görünümü

Özellikleri :

- Adi anahtar veya loşluk anahtarı bağlanarak, birbirinden bağımsız olarak 4 grup açılıp kapatılabilir. Her 4 gruba da istenilen sayıda paralel anahtar bağlanabilir.
- Bağlanacak anahtarların herhangi bir elektronik özelliği olmayıp, yaylı tipte veya normal adi anahtar olması yeterlidir (Vimar, Bufer Leg.v.b.).
- Boyutlar :70 x 90 x 59mm

9.4.8 LM-SWE

Hareket dedektörü giriş modülüdür.



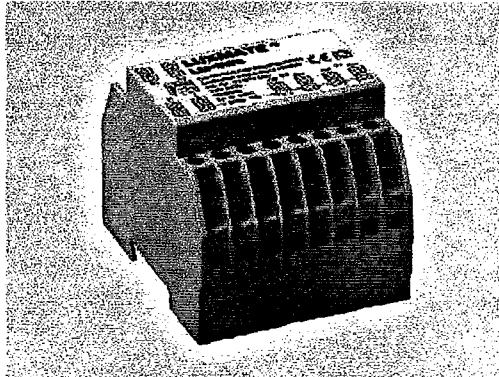
Şekil 9.26 LM-SWE modül görünümü

Özellikleri :

- Bağlanan hareket dedektörü ile birbirinden bağımsız iki mekanın veya grubun, harekete bağlı olarak kontrol edilmesi mümkündür. Her iki kanala da istenilen sayıda paralel dedektör bağlanabilir.
- Boyutlar :70 x 90 x 59mm

9.4.9 LM-RV

Oda ayırım modülüdür.



Şekil 9.27 LM-RV modül görünümü

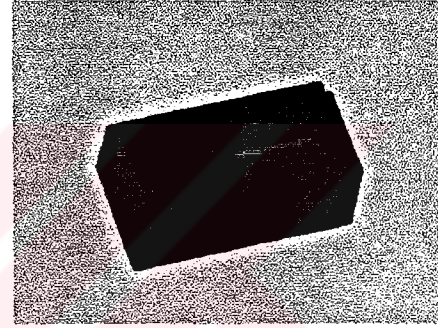
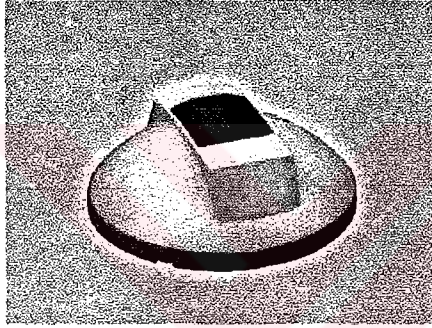
Özellikleri :

- Bağlanacak limit anahtarlar ile hareketli duvar veya ayırıcılar ile ayrılan mekanlarda oda ya da grup için fonksiyon bağlantısı sağlar.
- Boyutlar :70 x 90 x 59mm

9.5 Algılayıcılar

9.5.1 LM-IREL/IREL

Tavan/armatür için IR algılayıcısıdır.



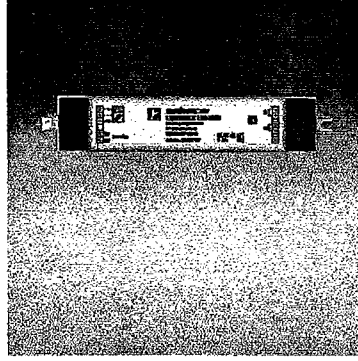
Şekil 9.28 LM-IREL/IREL ışıık algılayıcıları

Özellikleri :

- Tavana veya armatür içine monte edilerek IR sinyallerin alınmasını sağlar.
- Boyutlar :çap:80mm, yükseklik:26mm (IREL).
- Boyutlar :52 x 20 x 27mm (IREL).

9.5.2 LM-IRB

"IR sinyal → bus sinyali" çeviricisidir.



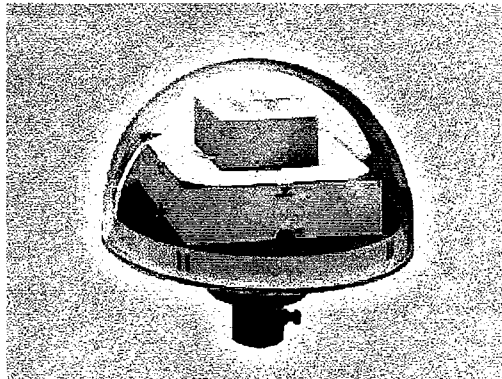
Şekil 9.29 LM-IRB modül görünümü

Özellikleri :

- IRS tarafından gönderilen IR sinyallerini Bus sinyallerine çevirir.
- Montaj sırasında LM-IRB ile LM-IREN arasındaki maksimum mesafe 3m'yi geçmemelidir.
- Boyutlar : 190 x 30 x 28mm

9.5.3 LM-TLM

Harici güneşli tarayıcısıdır.



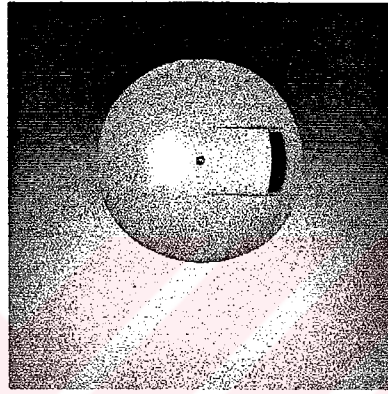
Şekil 9.30 LM-TLM güneşli tarayıcısı

Özellikleri :

- 8 ayrı yönden gelen günışığını ve dış ortamın parlaklığını algılayarak sisteme gönderir.
- Boyutlar :çap: 350mm, yükseklik: 310mm

9.5.4 LM-LSD

Dahili günışığı algılayıcısıdır.



Şekil 9.31 LM-LSD ışık algılayıcısı

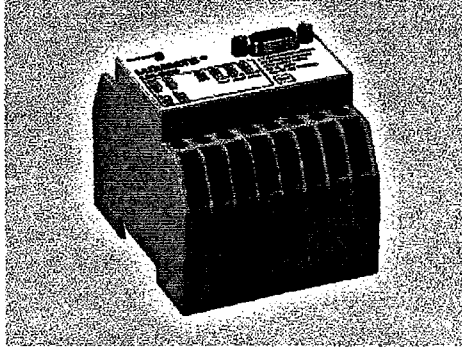
Özellikleri :

- Pencereden odaya giren ışığın şiddetini ölçerek ilgili Luxmate modüllerine aktarır.

9.6 Otomasyon Modülleri

9.6.1 LM-SI03

Dokunmatik ekran sistemleri için arabirim modülüdür.



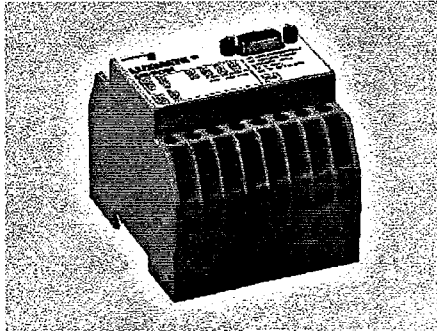
Şekil 9.32 LM-SI03 modül görünümü

Özellikleri :

- RS232 çıkışı ile dokunmatik ekran sistemlerinden Luxmate sistemine ulaşımı mümkün hale getirir.
- Boyutlar :70 x 90 x 59mm

9.6.2 LM-PCSI

RS232 PC arabirim modülüdür.



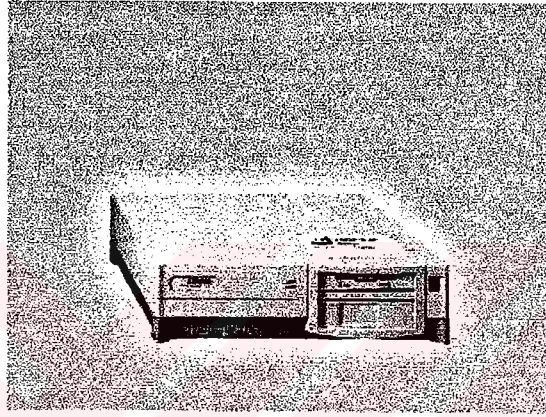
Şekil 9.33 LM-PCSI modül görünümü

Özellikleri :

- PC'ye bağlantı için kullanılır.
- Boyutlar :70 x 90 x 59mm

9.6.3 LM-TLR

Günişığı ve sistem bilgisayardır.



Şekil 9.34 LM-TLR günişığı işlemcisi

Özellikleri :

- Maksimum 500 Luxmate modülüne, günişığı değerlerine göre komut yollayabilir.
- Her LM-TLR (ağa bağı sistemlerde LM-TLRL) 99 adet odayı destekler.
- Gerektiğinde süper-odalar tasarlanabilir.
- İstendiğinde diğ er bina otomasyon sistemlerine kontrol imkanı veren yazılım yüklenebilmektedir [42,43].

10. DOĞAL AYDINLATMAYA BAĞLI IŞIK KONTROL SİSTEMLERİNDE KİŞİSEL TERCİHLERİN BULANIK MANTIK (FUZZY LOGIC) YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ

İyi bir aydınlatmadan beklenen, kullanıcının tüm görsel ve konfor ihtiyaçlarına cevap vermesi ve enerji tasarrufu sağlayabilmesidir. Aydınlatma kontrol sistemleri, verimli ve konforlu bir ofis ortamını en ekonomik bir şekilde oluşturmak amacıyla tasarlanmaktadır. Günışığına bağlı ışık kontrol sistemlerinde, oda içerisindeki aydınlık düzeyi, dışardaki doğal aydınlık düzeyine bağlı olarak istenilen sabit bir değere ayarlanmaktadır. Bu tür otomatik kontrol sistemlerinin giriş büyüklüğü doğal aydınlatma, çıkış büyüklüğü ise çalışma düzlemindeki yapay aydınlık düzeyi değeridir [43].

Yurtdışında bir çok ülkede iyi bir aydınlatmanın en verimli ve en ekonomik şekilde yapılabilmesini amaçlayan projeler yürütülmektedir. OECD'nin(Organization for Economic Cooperation and Development) bir alt kuruluşu olarak 1974 yılında kurulan Uluslararası Enerji Komisyonu'nun (IEA, International Energy Agency), programı içinde yürütülen "Güneş Enerjisi ile Isıtma ve Soğutma" adlı ortak çalışma kapsamında 1995 yılı sonunda "İç Mekanlarda Doğal Aydınlatma" başlıklı bir proje başlatılmıştır (IEA Task 21). Aşağıda sıralanan dört ana başlık altında toplanan proje, 16 ülkenin katılımıyla devam etmektedir [44].

A.Doğal Aydınlatma Sistemlerinin İncelenmesi

B.Yapay Aydınlatmanın Doğal Aydınlatmaya Bağlı Kontrolü

C.Doğal Aydınlatma Tasarım Araçları

D.Örnek Uygulamalar

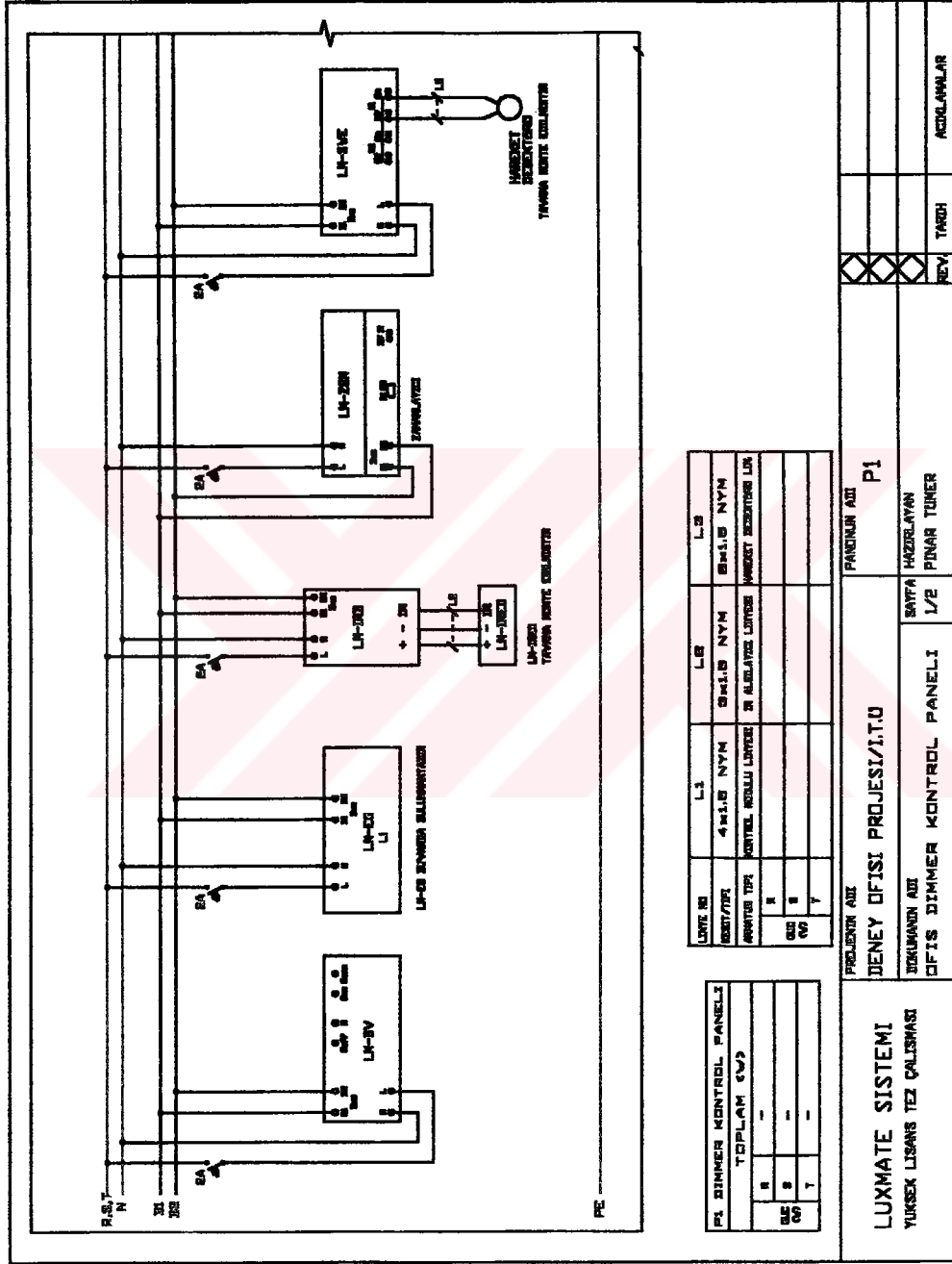
Yurtdışındaki bu çalışmalara benzer bir proje çalışması, İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'nde yürütülmektedir. Burada özellikle sözkonusu projenin B grubuna ait verileri elde etmek amaçlanmaktadır. Tezin uygulama kısmı olan bu bölümde, bahsedilen proje çalışmasından elde edilen deney verilerine göre, doğal aydınlatma ve kişilerin yaşlarına bağlı olarak arzu

edilen yapay aydınlık düzeyi ve aralarındaki ilişki “bulanık mantık yöntemi” ile incelenmiştir.

10.1 Deney Düzeneği

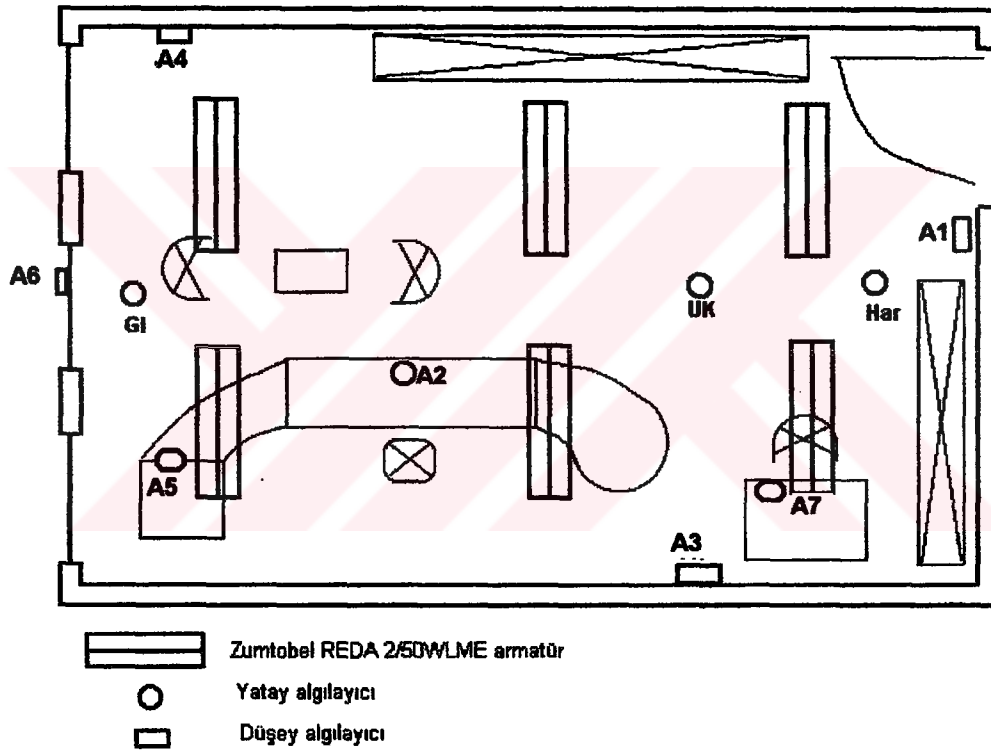
Binanın üçüncü katında yer alan ve pencereleri kuzey-doğuya bakan bir ofis deney odası olarak düzenlenmiştir. Boyutları 3.35m x 6.25m, yüksekliği 3.25m olan ve toplam 3.03m² pencere alanlı ofisin tavanı beyaz, duvarları gri, zemini ise açık mavidir. ($\rho_T=0.9$, $\rho_D=0.7$, $\rho_Z=0.2$). Hacim, yansıtma katsayısı yüksek ($\rho_{GM}=0.5$) açık gri renk mobilyalarla işlevsel olarak düzenlenmiştir. Pencerelerde açık mavi ($\rho_P=0.7$) stor perde bulunmaktadır. Ofis, 3.25m yükseklikteki asma tavana gömme olarak pencerelere paralel yerleştirilmiş, üç sıra altı adet Zumtobel Staff RED-A kodlu çift parabolik aynasal petekli armatürlerle aydınlatılmaktadır. Armatürlerin içinde iki adet Osram L58W/21-840 Lumilux T26 floresan lamba bulunmaktadır.

Mevcut armatürlerle çalışma düzleminde maksimum 1500 lux yapay aydınlık düzeyi sağlanmaktadır. Her biri ayrı loşlaştırılabilen elektronik balast üzerinden bağlı olan 12 floresan lamba Bölüm 8 ve 9’da bahsedilen Zumtobel Staff LUXMATE ışık kontrol sistemi üzerinden beslenmektedir. Bu sistem sayesinde 12 lambaya da otomatik veya elle kumanda edilebilmektedir. Hacim içine pencereyi görece şekilde yerleştirilen günışığı algılayıcısı aracılığıyla ofis içindeki aydınlık düzeyi dışındaki günışığına bağlı olarak otomatik olarak ayarlanabilmektedir. Ya da kullanıcı tarafından uzaktan kumanda ile veya duvardaki LUXMATE kontrol ünitesi LM-EG ile lambalar %3 ile %100 arasında istenilen değere getirilebilmektedir. Ayrıca istenilen seviyeler belirlenerek beş aydınlatma senaryosu sabitlenebilmektedir. Bölüm 8’de anlatıldığı gibi, istenildiğinde bu senaryolar uzaktan kumanda veya LM-EG üzerindeki tuşlardan hemen oluşturulabilmektedir. Kapı girişine bir hareket algılayıcısı yerleştirilmiştir. Ayrıca sistemde zaman ayarlayıcı modül de bulunmakta olup, lambalar sabah 8:00’de otomatik olarak yanmakta ve akşam 19:00’de otomatik olarak sönmektedir. İstenildiğinde bu saat değerleri çok basit bir şekilde değiştirilebilmektedir. Deney ofisinde kurulu olan luxmate kontrol sisteminde kullanılan modüller ve bağlantı şemaları Şekil 10.1.a ve Şekil 10.1.b’de verilmiştir.



Şekil 10.1.a Deney ofisinde mevcut olan Luxmate aydınlatma kontrol sistemi bağlantı şeması

Deney ofisi içerisinde, kapı kenarı (A1), karşı duvar (A4), pencere üzeri (A6), kapı tarafındaki bilgisayar ekranı arkasına (A3) düşey algılayıcılar; çalışma masası üzeri (A2), cam kenarındaki bilgisayar üzeri (A5), kapı kenarındaki bilgisayar üzerine yatay algılayıcılar olmak üzere toplam yedi algılayıcı yerleştirilmiştir. Projenin yürütüldüğü deney ofisi planı Şekil 10.2’de gösterilmiştir. Bu algılayıcılar aracılığıyla ölçülen toplam (doğal+yapay) aydınlık düzeyi değerleri Data Electronics Data Taker marka DT600 tipi veri toplama ünitesi üzerinden bilgisayara aktarılmaktadır. Ayrıca deney ofisinde, Siemens WIN-PM Scada Programı ile yapay aydınlatmanın devreden geçtiği akım, gerilim, aktif ve reaktif güç, güç faktörü gibi değerler toplanmaktadır.



Şekil 10.2 Deney ofisi planı ve algılayıcıların yerleri

10.2 Deney Yöntemi

Çeşitli yaş gruplarından kadın ve erkek değişik kişiler deney ofisinde iki gün çalışmak üzere davet edilmişlerdir. İlk gün yeni ortama uyum için geçeceğinden, iki günlük çalışma programı uygun görülmüştür.

1. gün oda içerisinde günışığına bağlı sistem devrede olup, LSD ışık algılayıcısı ile aydınlatma otomatik olarak ayarlanmaktadır. Bu günün sonunda kullanıcılara kişisel

bilgiler (yaş, cinsiyet, göz bozukluğu, psikolojik durum, meslek vs.) ve ofis ortamından elde edecekleri izlenimleri içeren soruların bulunduğu bir anket formu doldurtulmuştur. Buradaki amaç; belli bir periyotta (örneğin bir ay) tüketilen enerji miktarının, otomatik kontrol olmadığına tüketilen miktar ile karşılaştırılarak sistemlere enerji tasarrufu yönünden yaklaşılmasıdır.

2. gün ise, ofis içerisindeki aydınlatmayı kullanıcının ayarlaması istenmiş, sistem günışığından bağımsız çalıştırılmıştır. Günün sonunda kullanıcılara, yine ofis ortamından elde edecekleri izlenimleri içeren soruların bulunduğu bir anket formu doldurtulmuştur. Ofisi kullanan kişiler değişik işler yaparken (okuma-yazma, karşılıklı görüşme, telefonda konuşma, bilgisayarda çalışma, vs.) aydınlatmayı kendi isteklerine göre ayarlamışlardır. Ayrıca her saat başı aydınlatma söndürülerek kullanıcılar ayar yapmaya zorlanmışlardır. Oda içinde ve dışındaki değerler her beş dakikada bir, güç değerleri ise her bir dakikada ölçülüp bir bilgisayarda toplanmıştır.

10.3 Deney Verilerinin Değerlendirilmesi

10.3.1 Verilerin düzenlenmesi

Sonuçların değerlendirilmesinde en başta; 2. gün yapılan, çalışanların aydınlık düzeyini kendilerinin ayarladığı deney (elle kumandalı deney) sırasında, oda içerisinde bulunan A1 (kapı kenarı), A2 (çalışma masası üzeri), A4 (karşı duvar), A6 (pencere üzeri) ışık algılayıcılarının ölçtükleri aydınlık düzeyi değerleri dikkate alınmıştır. Her bir algılayıcıdan beş dakikada bir toplanan verilerin yarım saatlik ortalamaları alınmış olup, bunlar kişilerin ofiste bulundukları saatler arasında olacak şekilde düzenlenmiştir. Ayrıca WIN-PM Scada programının toplamış olduğu akım, gerilim, güç faktörü değerlerinden, armatürlerin çektiği aktif güç ($P=V.I.\cos\phi$) hesap edilmiş ve bunların da yarım saatlik ortalamaları alınmıştır. Bu güç değerlerinden yola çıkılarak armatürlerin çalışma masası üzerinde sağlamış oldukları yapay aydınlık düzeyleri (E_v) bulunmuştur. Güç ile yapay aydınlık düzeyi arasındaki ilişki deney ofisinde yapılan bir çalışma ile belirlenmiştir. Ofis içerisinde hiç günışığı yokken, armatürlerin ışığı ayarlanarak farklı aydınlık düzeyleri yaratılmıştır. Her bir aydınlık düzeyi değeri luxmetre ile ölçülerek tespit edilmiştir. Bu aydınlık düzeyi değerleri WIN-PM Scada programının topladığı verilerden hesap edilen güç değerleri ile eşleştirilmiştir. Bu şekilde elde edilen güç ve yatay aydınlık düzeyi değerlerinden oluşan tablo, daha sonraki deney çalışmalarımız sırasında kullanılmıştır. Deney sırasında hesaplanan güç değerine karşı düşen yapay aydınlık

düzeyi, bu tablodaki değerler arasında iterasyon yapılarak bulunmuştur. A2 masa üzerindeki ışık algılayıcısının ölçtüğü toplam ($E_d + E_y$) aydınlık düzeyi ile bulunan bu E_y aydınlık düzeyi arasındaki farktan, doğal aydınlatmanın oda içerisindeki katkısı (E_d) hesaplanmıştır.

$$E_d = A2\text{'nin ölçtüğü aydınlık düzeyi} - E_y$$

Buradaki E_d ifadesi dışarıdaki doğal aydınlık düzeyinin çalışma masası üzerindeki aydınlık düzeyine katkısını belirtmektedir.

Tablo B.1 ve Tablo B.2’de tek bir kullanıcıya ait, çalışma saatleri arasında toplanan deney verileri gösterilmiştir. Bu veriler, yukarıda açıklanan işlemler yapılarak düzenlenmiştir (Tablo B3).

Elde edilen bu düzenlenmiş veriler, bulanık mantık yöntemi ile değerlendirilerek, yapay aydınlık düzeyi ile oda içerisine giren doğal aydınlatma ve kişilerin yaşı arasındaki ilişki bulunmaya çalışılmıştır.

10.3.2 Verilerin bulanık mantık yöntemi ile değerlendirilmesi

Tezin uygulama aşaması olan bu bölümde, algılayıcı ölçümlerini kullanarak sistem tasarlanmaya çalışılmıştır. Klasik sistemlerde algılayıcı ölçümlerine göre matematiksel modeller çıkarmak oldukça zordur. Bulanık mantık bu konuda büyük kolaylık sağlamaktadır.

Sistemin giriş bilgisi olarak oda içerisindeki doğal aydınlık düzeyi (E_d) ve kişilerin yaşı, çıkış bilgisi olarak armatürlerin oda içerisinde sağlamış oldukları yapay aydınlık düzeyi (E_y) düşünülmüştür.

Oda içerisindeki doğal aydınlık düzeyleri, en yüksekten en düşüğe doğru yeniden düzenlenerek Tablo B.4 oluşturulmuştur. Bu tablo oluşturulurken, çalışma masası üzerindeki doğal aydınlatma, kişilerin yaşı, deneyler sonucu elde edilen yapay aydınlık düzeyi dikkate alınmıştır. Bu değerler yardımıyla bulanık mantık sistemi tasarlanmış ve bulanık sistem kullanıldığında, doğal aydınlık düzeyi (E_d) ve kişilerin yaşına bağlı olarak, olması gereken yapay aydınlık düzeyi (E_y) değerleri belirlenmiştir. DeneySEL çalışma yapılan her bir kullanıcıya ait bu yapay aydınlık düzeyi ve oluşan mutlak hata, bağıl hata değerleri Tablo B.4’de gösterilmiştir.

Sistem MATLAB-Fuzzy programında tasarlanmıştır.

1.Adım: Kişilerin yaşı, doğal aydınlatma ve yapay aydınlatmaya ait üyelik fonksiyonları, deney verileri esas alınarak belirlenmiştir.

Sistemin tasarlanmasında kişiler 5 farklı yaş grubunda toplanmıştır.

- **CG (Çok Genç):** 0-15 yaş arası üyelik derecesi 1 olan ve 15-25 yaş arası değişen üyelik derecesine sahip fonksiyondur. Deneylerdeki minimum kullanıcı yaşı 23'tür.
- **G (Genç):** 24-29 yaş arasında değişen üçgen üyelik fonksiyonudur. Üçgenin tepe noktası (üyelik derecesinin 1 olduğu nokta) 26'dır. Bu ifade 26 yaşındaki kişilerin %100 genç oldukları anlamına gelmektedir.
- **OY (Orta Yaşlı):** 26-37 yaş arasında değişen üçgen üyelik fonksiyonudur. Üçgenin tepe noktası 34'dür.
- **Y (Yaşlı) :** 35-48 yaş arasında değişen üçgen üyelik fonksiyonudur. Üçgenin tepe noktası 43'dür.
- **CY (Çok Yaşlı):** 60 yaş ve üzeri üyelik derecesi 1 olan ve 45-60 yaş arası değişen üyelik derecesine sahip fonksiyondur.

Kişilerin yaşına ait üyelik fonksiyonu grafikleri Şekil C.1'de verilmiştir.

Tablo B.4'deki, çalışma masası üzerindeki doğal aydınlık düzeyi (E_d) değerleri esas alınarak, doğal aydınlatma 7 farklı grupta toplanmıştır.

- **CD (Çok Düşük):** 0-50 lux arasında sabit (1), 50-150 lux arasında değişen üyelik derecesine sahip fonksiyondur.
- **D (Düşük):** 100-300 lux arasında değişen, tepe noktası 200 lux olan üçgen üyelik fonksiyonudur.
- **BD (Biraz Düşük):** 200-400 lux arasında değişen, tepe noktası 314 lux olan üçgen üyelik fonksiyonudur.
- **N (Normal):** 300-606 lux arasında değişen, tepe noktası 400 lux olan üçgen üyelik fonksiyonudur.
- **BF (Biraz Fazla):** 410-800 lux arasında değişen, tepe noktası 600 lux olan üçgen üyelik fonksiyonudur.

- F (Fazla): 700-1100 lux arasında değişen, tepe noktası 900 lux olan üçgen üyelik fonksiyonudur.
- CF (Çok Fazla): 900-1400 lux arasında değişen üyelik derecesine sahip, 1400 lux'den sonra üyelik derecesi 1 olan fonksiyondur.

Oda içerisindeki bu doğal aydınlık düzeyi üyelik fonksiyon grafikleri Şekil C.2'de verilmiştir.

Tablo B.4'deki, yapay aydınlık düzeyi (E_y) değerleri esas alınarak, yapay aydınlatma da 7 farklı grupta toplanmıştır.

- CD (Çok Düşük): 0-100 lux arasında sabit (1), 100-200 lux arasında değişen üyelik derecesine sahip fonksiyondur.
- D (Düşük): 104-362 lux arasında değişen, tepe noktası 184 lux olan üçgen üyelik fonksiyonudur.
- BD (Biraz Düşük): 180-450 lux arasında değişen, tepe noktası 300 lux olan üçgen üyelik fonksiyonudur.
- N (Normal): 300-600 lux arasında değişen, tepe noktası 400 lux olan üçgen üyelik fonksiyonudur.
- BF (Biraz Fazla): 400-700 lux arasında değişen, tepe noktası 500 lux olan üçgen üyelik fonksiyonudur.
- F (Fazla): 600-1000 lux arasında değişen, tepe noktası 700 lux olan üçgen üyelik fonksiyonudur.
- CF (Çok Fazla): 700-1100 lux arasında, değişen üyelik derecesine sahip, 1100 lux'den sonra üyelik derecesi 1 olan fonksiyondur.

Oda içerisindeki bu yapay aydınlık düzeyi üyelik fonksiyon grafikleri Şekil C.3'de verilmiştir.

2.Adım: Kişilerin yaşı, doğal aydınlatma ve yapay aydınlatmaya ait kural tablosu oluşturulmuştur.

Kural 1: Eğer E_d "CD" ve yaş "CY" ise E_y "CF"

Kural 2: Eğer E_d "D" ve yaş "CY" ise E_y "F"

Kural 3: Eğer E_d "BD" ve yaş "CY" ise E_y "F"

Kural 4: Eğer E_d "N" ve yaş "CY" ise E_y "BF"

Kural 5: Eğer E_d "BF" ve yaş "CY" ise E_y "BF"

Kural 6: Eğer E_d "F" ve yaş "CY" ise E_y "N"

Kural 7: Eğer E_d "CF" ve yaş "CY" ise E_y "BD"

Kural 8: Eğer E_d "CD" ve yaş "Y" ise E_y "F"

Kural 9: Eğer E_d "D" ve yaş "Y" ise E_y "F"

Kural 10: Eğer E_d "BD" ve yaş "Y" ise E_y "F"

Kural 11: Eğer E_d "N" ve yaş "Y" ise E_y "N"

Kural 12: Eğer E_d "BF" ve yaş "Y" ise E_y "N"

Kural 13: Eğer E_d "F" ve yaş "Y" ise E_y "BD"

Kural 14: Eğer E_d "CF" ve yaş "Y" ise E_y "BD"

Kural 15: Eğer E_d "CD" ve yaş "OY" ise E_y "CF"

Kural 16: Eğer E_d "D" ve yaş "OY" ise E_y "CF"

Kural 17: Eğer E_d "BD" ve yaş "OY" ise E_y "CF"

Kural 18: Eğer E_d "N" ve yaş "OY" ise E_y "F"

Kural 19: Eğer E_d "BF" ve yaş "OY" ise E_y "F"

Kural 20: Eğer E_d "F" ve yaş "OY" ise E_y "N"

Kural 21: Eğer E_d "CF" ve yaş "OY" ise E_y "N"

Kural 22: Eğer E_d "CD" ve yaş "G" ise E_y "BF"

Kural 23: Eğer E_d "D" ve yaş "G" ise E_y "BF"

Kural 24: Eğer E_d "BD" ve yaş "G" ise E_y "N"

Kural 25: Eğer E_d "N" ve yaş "G" ise E_y "N"

Kural 26: Eğer E_d "BF" ve yaş "G" ise E_y "BD"

Kural 27: Eğer E_d "F" ve yaş "G" ise E_y "D"

Kural 28: Eğer E_d "CF" ve yaş "G" ise E_y "D"

Kural 29: Eğer E_d "CD" ve yaş "CG" ise E_y "N"

Kural 30: Eğer E_d "D" ve yaş "CG" ise E_y "BD"

Kural 31: Eğer E_d "BD" ve yaş "CG" ise E_y "D"

Kural 32: Eğer E_d "N" ve yaş "CG" ise E_y "BD"

Kural 33: Eğer E_d "BF" ve yaş "CG" ise E_y "D"

Kural 34: Eğer E_d "F" ve yaş "CG" ise E_y "BD"

Kural 35: Eğer E_d "CF" ve yaş "CG" ise E_y "BD"

Kural tablosuna ait MATLAB'de yazılmış program Şekil C.4'de verilmiştir.

3.Adım: Her bir giriş büyüklüğü için (doğal aydınlatma ve yaş) yapay aydınlık düzeyi, sistem tarafından hesap edilmiştir. Giriş değerlerinin girilip, çıkış değerlerinin bulunduğu Matlab ekran görünümü Şekil C.5'de verilmiştir. Sistem, deney sırasında ölçtüğümüz yatay aydınlık düzeyine en yakın değeri verecek şekilde tasarlanmıştır.

10.3.3 Bulanık mantık yöntemi kullanılarak tasarlanan sistemden elde edilen sonuçlar

Sistem çıkış değerlerinden de anlaşılacağı gibi, bulanık mantık kullanılarak, kişilerin yaşına ve oda içerisindeki aydınlık düzeyi değerine bağlı olarak, tercih edecekleri yapay aydınlık düzeyi değeri, büyük bir yaklaşıklıkla önceden tahmin edilebilmektedir.

Normal günışığına bağlı kontrol sistemlerinde dikkate alınan tek şey doğal aydınlatma olmasına rağmen; aslında arzu edilen aydınlık düzeyi değerini pek çok faktör etkilemektedir. Burada sadece yaş üzerinde durulmuştur. Şekil C.6'da yaşa göre E_y 'in değişim grafiği gösterilmiştir. Grafik üzerinde 23 yaş ve sonraki değerler dikkate alınmalıdır (minimum yaş 23). Görüldüğü gibi 25 yaşındaki birinin ihtiyaç duyduğu yapay aydınlık düzeyi 220 lux iken, 40 ve 50 yaşlarındaki insanların 320 lux'lere çıkmaktadır. 56 yaşından sonrakiler deneye tabi tutulmadıklarından, grafik

56 yaş sınına kadar değerlendirilmelidir. Eğride 30-35 yaş arasında hızlı bir artış olduğu gözlenmiştir. Yapılan anket sonucunda, bu yaşlar arasındaki deneye tabi tutulan kişilerin, çok fazla aydınlık düzeyinde çalışmayı sevdikleri anlaşılmıştır.

E_d ve E_y arasındaki ilişkiyi gösteren grafik şekil C.7'de verilmiştir. Buradan da anlaşılaçağı gibi; doğal aydınlık düzeyi arttıkça, yapay aydınlatmaya duyulan ihtiyaç azalmaktadır. Elde edilen sonuçlardan ofis içerisinde ortalama olarak 800-900 lux değerlerindeki aydınlık düzeylerinin istendiği gözlemlenmiştir.

İki giriş ve bir çıkış arasındaki ilişkiyi gösteren üç boyutlu grafik (bulanık kontrolör giriş-çıkış arayüzeyi) şekil C.8'de verilmiştir.

şekil C.9'da ise, Matlab'de program tasarlanırken kullanılan fuzzy yöntemleri görölmektedir.



11. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu güne kadar gerçekleştirilen deneysel çalışmalardan, günümüzde sadece enerji tasarrufu sağlamak amacıyla kullanılmakta olan otomatik aydınlatma kontrol sistemlerinin, çoğu kez çalışanlar üzerinde olumsuz etkiler yarattığı ve kişisel isteklere cevap verebilecek sistemlerin geliştirilmesinin gerekli olduğu anlaşılmaktadır. Böyle sistemlerin gerçekleştirilmesi ise, ancak kişisel isteklerin önceden tahmin edilebilmesi ile mümkündür. Kişilerin istekleri yaşa, psikolojik durumlarına, zamana, görme bozukluğu olup olmamasına v.b. özelliklere bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu değişimleri ortaya çıkaran faktörlerin neler olduğu ve tercihleri ne kadar etkiledikleri bilinemediğinden, bir matematiksel fonksiyonla yapay aydınlık düzeyi tercihlerinin belirlenmesi çok zordur. Bir sistemin matematiksel modelinin elde edilmesinin çok güç olduğu durumlarda, en önemli bilgiler iki kaynaktan alınır. Birincisi, sistemdeki durum değişkenlerinin sayısal değerlerini gösteren algılayıcılarıdır. Diğeri ise sistem hakkında operatörün dilsel tanımlamalarını ve kontrol talimatlarını içeren operatör deneyimleridir. Sistem hakkındaki bilgilerin bu türden olduğu durumlarda bulanık kontrol en iyi çözüm yoludur. Bu yüzden deneysel çalışmamız bulanık mantık kontrolü üzerinde geliştirilmiştir.

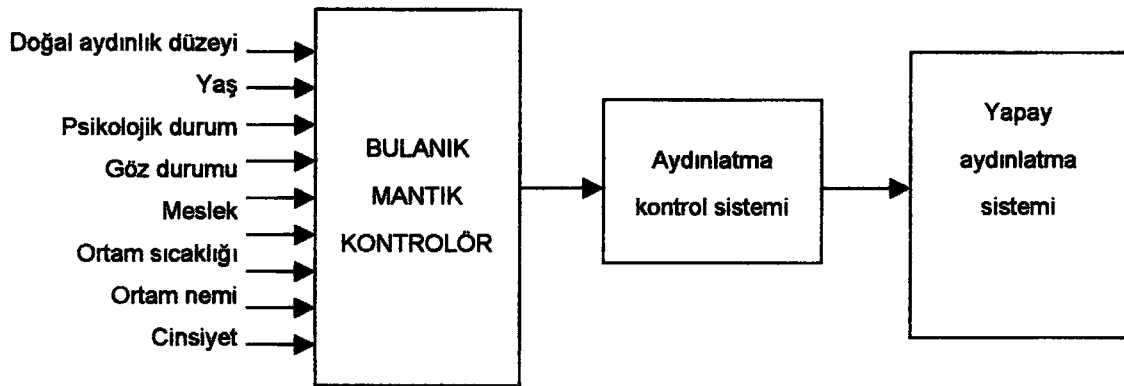
Deney verileri incelendiğinde, kişilerin tercih ettikleri aydınlık düzeyi değerlerinin birbirlerinden çok farklı oldukları görülmektedir. Bu nedenle sadece doğal aydınlatmaya bağlı olarak yapay aydınlık düzeyinin doğru olarak tahmin edilmesi mümkün değildir. Kişisel özellikleri ortaya koyan başka faktörlere de ihtiyaç vardır. Veriler incelendiğinde deneysel çalışmamızdaki en belirgin kişisel özellik olarak "yaş" düşünülmüştür. Kişiler yaşlarına göre gruplandırılarak oda içerisinde mevcut olan doğal aydınlık düzeyine göre tercih ettikleri yapay aydınlık düzeyi değerleri bulunmuştur.

Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen doğal aydınlık düzeyi ve yaş değerleri giriş büyüklükleri olarak girilen bir bulanık sistem kullanıldığında, kişilerin gün içinde tercih edecekleri yapay aydınlık düzeyi değerlerinin oldukça doğru tahmin edilebileceği görülmüştür. Deneylerden elde edilen yapay aydınlık düzeyi ile, bulanık

sistem çıkışından elde edilen yapay aydınlık düzeyi arasında yaklaşık 250-300 gibi hatalar oluşmuştur. Sistem sonuçlarına göre doğal aydınlık düzeyi değeri arttıkça tercih edilen yapay aydınlık düzeyi azalmaktadır. Ayrıca ofis içerisinde istenilen aydınlık düzeyinin ortalama 800-900 lux'ler arasında olduğu görülmüştür. Yaş ile yapay aydınlık düzeyi arasındaki ilişki incelenirken, 31-39 yaş arasındaki kişilerin aydınlık düzeyi tercihlerinin yüksek olduğu görülmüştür. Bu yaş gruplarındaki kişilerle yapılan görüşmelerde, "deney sırasında psikolojik durumlarının bozuk olduğu", "yüksek aydınlık düzeyinde çalışmaktan hoşlandıkları" gibi çeşitli açıklamalar yapılmıştır. Sistem sonuçlarının normal akışında ise yaşlıların gençlerden daha fazla aydınlık düzeyine ihtiyaç duydukları anlaşılmaktadır.

Cinsiyet, göz durumu, psikolojik durum, meslek gibi kişisel tercihler ve sıcaklık, nem gibi ortam şartları gibi özelliklerin de bilindiği çok fazla sayıdaki deney sonuçlarından elde edilen bilgiler ışığında tasarlanan bulanık sistem ile tüm çalışanların uygun yapay aydınlık düzeyleri daha doğru tahmin edilebilecektir. Bunun için, daha uzun zaman dilimlerini kapsayan çok sayıda denek ile gerçekleştirilecek çalışmalara ihtiyaç vardır.

Çok sayıda ve daha detaylı deneysel veriler kullanılarak tasarlanmış bulanık kontrolör çıkışı, Şekil 11.1'de blok diyagramı gösterilmiş olan otomatik aydınlatma kontrol sisteminin girişi olarak kullanıldığında, kişisel tercihlere oldukça iyi cevaplar verebilen bir aydınlatma sistemi tasarlanabilecektir.



Şekil 11.1 Bulanık kontrolör kullanılan otomatik aydınlatma kontrol sistemi

Kişi çalışma hacmine girdiğinde, sisteme gireceği kişiisel bilgiler ile kendini tanıtmış olacaktır. Sistem bu giriş değerlerini esas alarak g nboyu ortamdaki yapay aydınlık düzeyini doğal aydınlık düzeyine bağlı olarak, kişinin tercihine uygun ayarlayacaktır. Böylece daha verimli çalışan bir aydınlatma kontrol sistemi gerçekleştirilebilecektir.

Bulanık kontrolör kullanılacak aydınlatma kontrol sistemlerinde, her türlü ofiste kullanılabilecek genel bir çözüm elde edilmiş olacaktır. Ancak giriş verisi olarak düşünülen büyüklüklerin değerlendirilmesi için daha fazla deneysel çalışmalara ihtiyaç vardır.

Verilerin yeterli olması durumunda Bölüm 7’de bahsedilen “bulanık kontrollü klima sistemi”ne benzer bir aydınlatma kontrol sistemi tasarlanabilecektir.



KAYNAKLAR

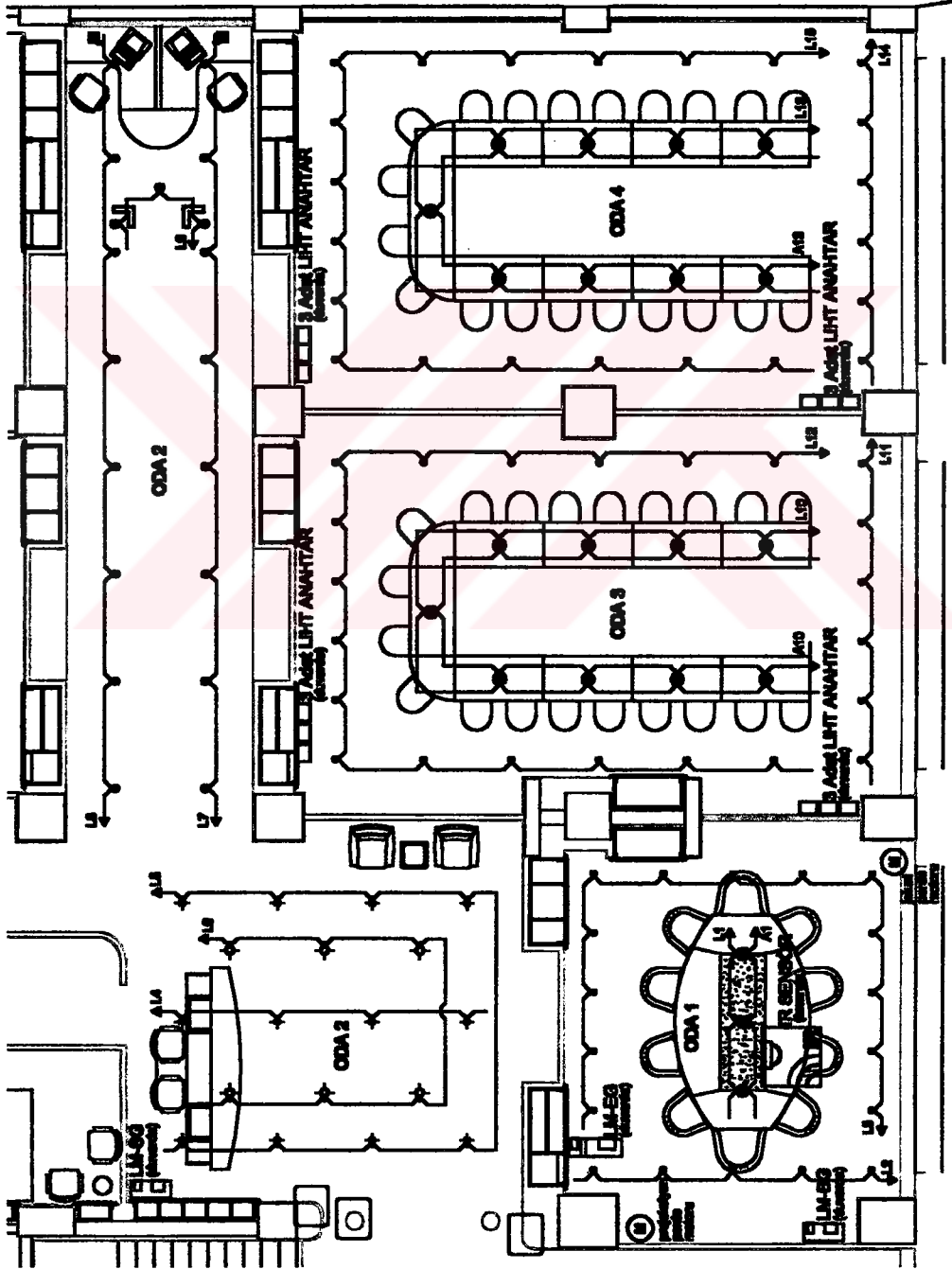
- [1] IES Lighting Handbook, 1987, Illuminating Engineering Society, New York
- [2] ÇOLAK, N., 1999, Ofis Aydınlatma Kontrol Sistemlerinde Kullanılacak Verilerin Yapay Sinir Ağları ile Belirlenmesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [3] TÜFEKÇİ, T., 1997, İç Aydınlatmanın Esasları ve Tasarımı, Elektrik Kaynak Dergisi, 9, 125
- [4] ÖZKAYA, M., 1994, Aydınlatma Tekniği, Birsen Yayınevi, İstanbul
- [5] Office Lighting, 1982, ANSI/IES RP-1, New York
- [6] PHILIPS Engineering Report Lighting, 1975, the European Glare Limiting Method, Engineering Report 4, Netherlands
- [7] PHILIPS Engineering Report Lighting, 1976, Apractical Glare-Limiting Method, Engineering Report 5, Netherlands
- [8] ADRIAN, W.K., 1993, Visual Performance, Acuity and Age, 278-292, Lux Europa
- [9] BOYCE, P.R., 1973, Age, Illuminance, Visual Performance and Preference, Lighting Research and Technology, Vol 5, No.3, 125-144
- [10] ZUMTOBEL STAFF, 2000, From Lux to Lumen, Technical Reference Catalogue, Dornbim
- [11] CIBSE CODE for Interior Lighting, 1994, London
- [12] CIE Guide for Interior Lighting, 1986, second Edition, Austria
- [13] NEEMAN, E., SWEITZER, G., VINE, E., 1984, Office Worker Response and Daylighting Issues in Workspace Environments: a Pilot Survey, Energy and Buildings, 6, 159,171
- [14] POPPE, M., JANI, V., 1993, Some Thoughts the Physiological-Psychollogical Aspects of Lighting for Work, 320-331, Lux Europa
- [15] BODMAN, H.W., 1967, Quality of Interior Lighting Based on Luminance, Transaction of the Illuminating Engineering Society, 32-37
- [16] ONAYGİL, S., 1996, Ofis Aydınlatmasında Enerji Tasarrufu, Elektrik Kaynak Dergisi, 1,87-92
- [17] GÜNEY, İ., KOÇYİĞİT, G., ONAZ, N., 1998, Aydınlatma Tesislerinde Enerji Tasarruf Yöntemlerinin İncelenmesi, Elektrik Kaynak Dergisi, 5

- [18] BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT DIGEST, 1983, Lighting Control and Daylight Use, April
- [19] VERDERBER, R.R., RUBINSTEIN, F.M., 1984, Mutual Impacts of Lighting Controls and Daylighting Applications, Energy and Buildings, 6
- [20] ONAYGİL, S., DEMİR N., Ekim 1995, 3e Dergisi, Sayı: 17
- [21] HELMS, R.N., BELCHER, M.C., Lighting for Energy-Efficient Luminous Environments
- [22] BOYCE, P.R., 1980, Observations of the Manual Switching of Lighting, Lighting Research and Technology, Vol 12, No 4
- [23] O'CONNER, J., LEE, E., RUBINSTEIN, F., SELKOWITZ, S., 1997, Tips for Daylighting, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL-39945
- [24] INTERNET SİTESİ, <http://uye.sanalkent.com/teknotronik/fuzzy2.ntm>
- [25] WANG, L.X., 1997, A course in Fuzzy Systems and Control, Prentice Hall
- [26] WANG, L.X., May 1993, Stable Adaptive Fuzzy-Control of Nonlinear Systems, IEEE, Transactions on Fuzzy Systems, Vol.11, No.2
- [27] BEZDEK, J.C., February 1993, Editorial Fuzzy Models-What are They and Why?, IEEE, Transactions on Fuzzy Systems, Vol.11, No.1
- [28] KAYNAK, O., Eylül 1994, Süreç Denetiminde Yeni Bir Yaklaşım; Bulanık Mantık, Sayısal Motor Kontrolü Semineri,
- [29] COX, E., Oct 1992, Fuzzy Fundamentals, IEEE, Spectrum
- [30] KOSKO, B., SATORU, I., Eylül 1993, Puslu Mantık, Bilim Teknik Dergisi
- [31] KASKO, B., 1993, Neural Network and Fuzzy Systems Academic Press
- [32] SUGENO, M., 1993, Fuzzy System Theory and Its Applications, Academic Press, USA
- [33] LEE, C.C., March/April 1990, Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller, Part 2, IEEE, Transactions On Systems Man And Cybernetics, Vol.20, No.2
- [34] KAHANER, D.K., August 1991, Advances in Fuzzy Theory and Applications, IEEE, Micro, Vol.11, No.4
- [35] MUNACATOR, T., JANI, Y., March 1994, Fuzzy Systems, an Overview, Communications of the ACN, Vol.37, No.3
- [36] LEE, C.C., March/April 1990, Fuzzy Logic in Control Systems: Fuzzy Logic Controller, Part 1, IEEE, Transactions on Systems Man and Cybernetics, Vol.20, No.2
- [37] VIRK, G.S., 1991, Digital Computer Control Systems, Macmillan Education Ltd. London

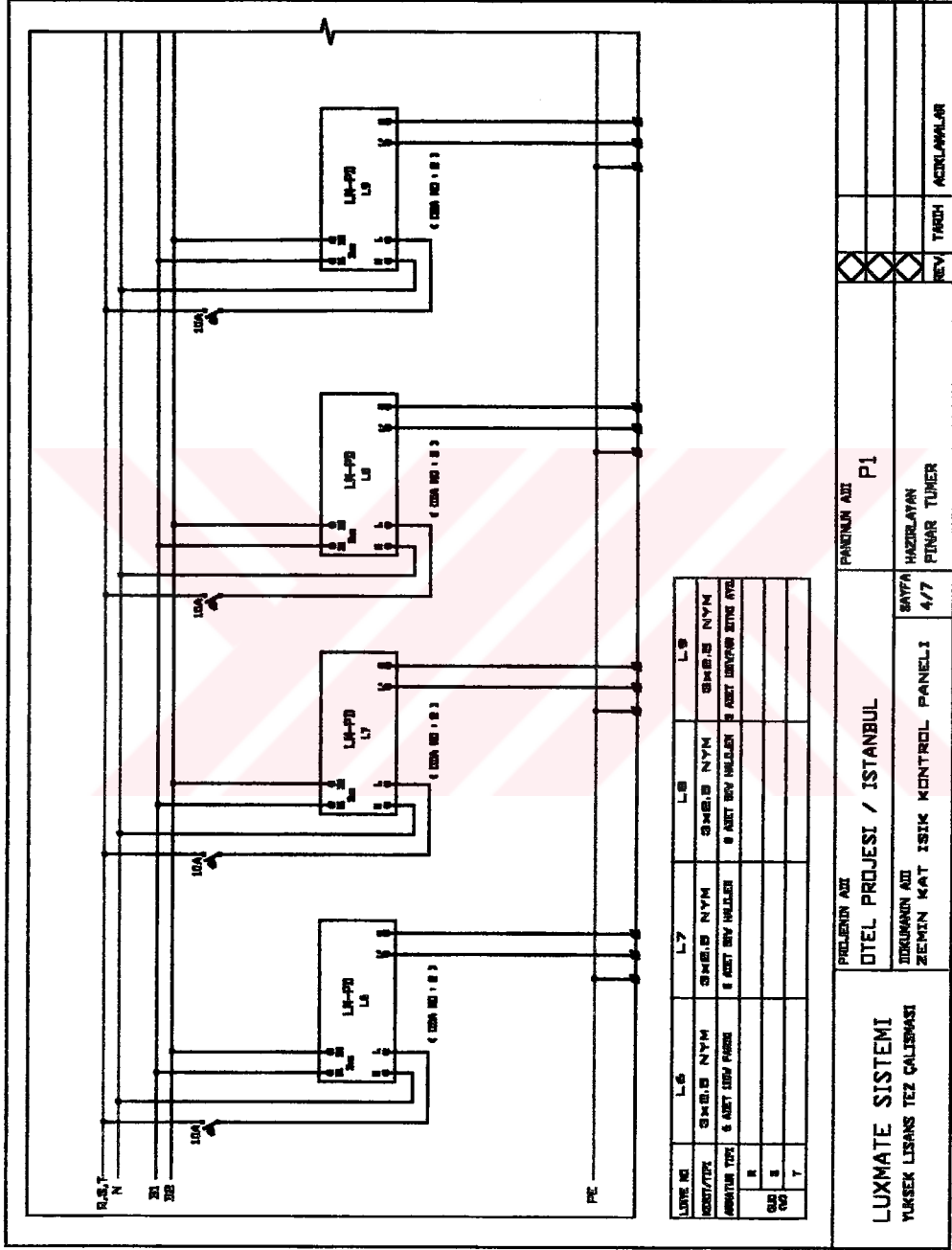
- [38] CHEN, G., PHEM, T.T., WEUS, J.J., January 1995, Fuzzy Modelling of Control Systems, IEEE, Transactions on Aerospace and Electronics System, Vol.31, No.1
- [39] BAŞBUĞ, A., ŞUBAT 1994, Bulanık Teknoloji, BYTE Dergisi
- [40] BERNARD, J.A., 1998, Use of Rule-Based Systems for Process Control, IEE, Contr.Syst. Mag, Vol.8, No.5
- [41] LUXMATE Klasörü, ZUMTOBEL STAFF, Austria
- [42] LUXMATE Product Manual, April 1999, Dornbim
- [43] Staff Yurtdışı Eğitim Notları, Eylül 2000, LEMGO
- [44] AYDINLI S., "İç Mekanlarda Doğal Aydınlatma", 1. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul, 1996



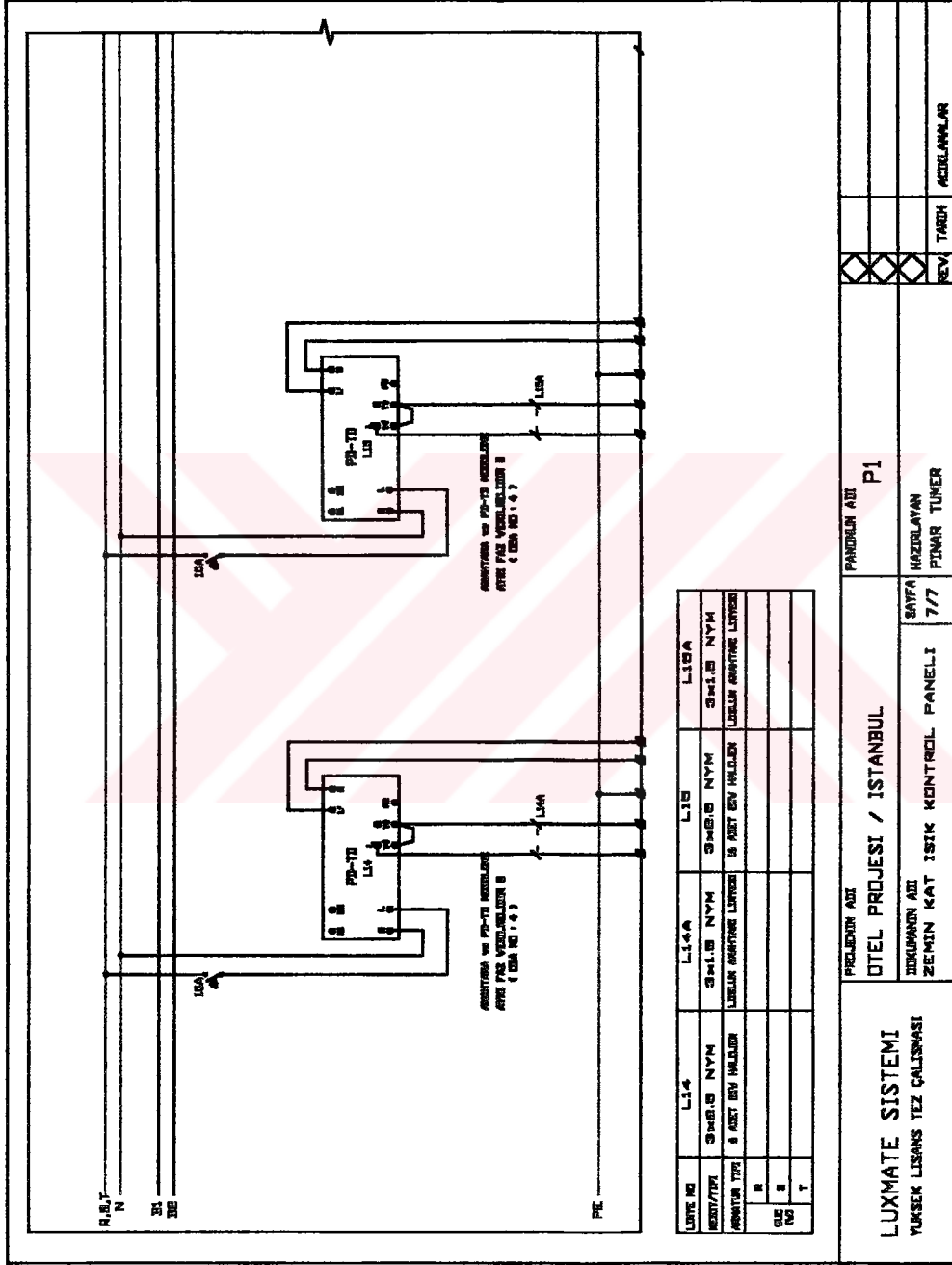
EK-A



Şekil A.1 Otel Projesi aydınlatma armatürleri yerleşimi ve inşiyeme



Şekil A.2.d Otel Projesi Luxmate aydınlatma kontrol sistemi bağlantı şeması



Şekil A.2.g Otel Projesi Luxmate aydınlatma kontrol sistemi bağlantı şeması

Tablo B. 1 Deney ofisi içerisindeki yedi algılayıcının beşer dakikalık periyotlardaki ölçüm değerleri

TARİH	ZAMAN	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
07.07.2000	10:35:00 A	1008,6	1230,2	707	756,53	1799,7	18015	986,67
07.07.2000	10:40:00 A	782,39	1332,4	512,89	765,34	1895,4	17980	703,94
07.07.2000	10:45:00 A	781,19	1446,4	522,33	771,17	1711,7	17708	705,72
07.07.2000	10:50:00 A	724,09	1302,3	495,81	706,05	1594,7	17019	676,67
07.07.2000	10:55:00 A	473,32	925,91	309,55	614,25	1288,9	17010	281,64
07.07.2000	11:00:00 A	652,67	1207	451,66	551,64	1361,6	15748	662,94
07.07.2000	11:05:00 A	701,92	1258,5	481,8	601,16	1489,5	17710	682,73
07.07.2000	11:10:00 A	667,38	1218,5	474,99	620,05	1363,6	18049	683,25
07.07.2000	11:15:00 A	608,52	1214,5	436,31	503,31	1156,2	16154	645,44
07.07.2000	11:20:00 A	600,5	1118,5	425,59	523,63	1055	15927	631,19
07.07.2000	11:25:00 A	543,66	906,94	370,88	373,61	823,83	10874	576,67
07.07.2000	11:30:00 A	572,94	1007,2	380,3	440,81	958,91	13101	598,5
07.07.2000	11:35:00 A	593,88	1107,1	427,52	484,3	1075,5	17204	633,22
07.07.2000	11:40:00 A	553,75	975,19	381,13	432,33	882,94	11870	587,73
07.07.2000	11:45:00 A	600,02	1080	574,86	444,83	887,84	17780	960,84
07.07.2000	11:50:00 A	591,42	1012	426,47	463,8	1031,4	16998	594,03
07.07.2000	11:55:00 A	559,09	968,84	404,39	450,7	934,98	14057	574,52
07.07.2000	12:00:00 A	569,83	924,34	390,68	386,55	898,42	14218	561,41
07.07.2000	12:05:00 A	517,56	906,34	359,64	331,48	762,05	10007	536,36
07.07.2000	12:10:00 A	570,56	1051,4	413,15	421,23	934,59	14037	580,89
07.07.2000	12:15:00 A	548,97	975,81	386,12	412,02	868,34	11846	556,22
07.07.2000	12:20:00 A	509,41	891,63	375,33	403,68	834,3	10873	551,3
07.07.2000	12:25:00 A	489,73	933,38	364,91	360,8	781,19	10802	539,22
07.07.2000	12:30:00 A	520,56	949,8	381,38	381,7	819,94	10914	550,94
07.07.2000	12:35:00 A	524,97	966,11	397,34	433,8	888,78	12159	568
07.07.2000	12:40:00 A	500,7	965,02	382,65	424,43	834,44	11213	555,3
07.07.2000	12:45:00 A	505,59	868,98	349,57	339,16	740,72	10642	525,17
07.07.2000	12:50:00 A	531,23	924,48	399,7	427,69	892,19	11353	570,39
07.07.2000	12:55:00 A	451,14	749,48	347,62	353,72	691,38	9114,8	521,08
07.07.2000	13:00:00 A	488,07	899,13	360,9	394,16	782,2	11064	533,84
07.07.2000	13:05:00 A	487,25	838,34	359,88	400,22	835,19	11270	542,48
07.07.2000	13:10:00 A	451,66	928,3	346,41	358,55	753,73	10562	550,8
07.07.2000	13:15:00 A	490,93	830,69	370,06	369,28	823,33	10023	570,13
07.07.2000	13:20:00 A	445,78	738,69	339,5	351,97	712,58	8836,5	544,13

07.07.2000	13:25:00 A	429,62	741,94	325,05	291,22	661,83	8461,8	534,48
07.07.2000	13:30:00 A	464,48	949,95	381,58	339,3	795,02	10432	564,38
07.07.2000	13:35:00 A	423,06	693,5	334,34	352,46	682,64	8065,3	536,13
07.07.2000	13:40:00 A	449,63	759,5	350,9	346,16	752,16	9385,5	550,7
07.07.2000	13:45:00 A	440,29	731,58	346,65	329,95	740,69	8828,5	548,23
07.07.2000	13:50:00 A	401,91	753,47	307,28	299,44	632,75	7245,9	517,75
07.07.2000	13:55:00 A	441,89	663,48	321,95	268,46	637,03	7039,3	528,78
07.07.2000	14:00:00 A	420,98	650,63	318,53	250,28	623,28	6681,6	525,14
07.07.2000	14:05:00 A	394,38	635,38	304,2	265,44	606,45	6265,9	513,72
07.07.2000	14:10:00 A	417,09	670,41	323,92	244,78	620,59	6468	545,45
07.07.2000	14:15:00 A	464,84	707,7	335,78	253,41	743,16	6349,5	560,59
07.07.2000	14:20:00 A	455,13	685,89	330,75	244,53	705,89	6221,9	555,25
07.07.2000	14:25:00 A	463,42	684,31	332,57	242,28	700,78	6200,8	559,27
07.07.2000	14:30:00 A	451,63	669,22	327,59	238,11	683,64	6078,5	552,89
07.07.2000	14:35:00 A	486,16	665,66	360,53	241,57	677,14	6057,9	585,77
07.07.2000	14:40:00 A	493,74	672,95	365,2	247,22	691,09	6210,9	571,14
07.07.2000	14:45:00 A	506,44	672,36	369,27	248,48	685,25	6327,6	573,27
07.07.2000	14:50:00 A	339,86	573,27	281,47	181,4	549,39	4246,1	510,04
07.07.2000	14:55:00 A	491,18	671,86	358,19	251,21	689,84	6472	571,78
07.07.2000	15:00:00 A	456,95	646,86	341,62	232,44	650,97	5928,4	558,31
07.07.2000	15:05:00 A	479,08	648,78	349,36	237,26	652,09	6232,6	563,34
07.07.2000	15:10:00 A	462,24	637,5	345,7	234,13	647,53	6319,5	562,33
07.07.2000	15:15:00 A	493,37	643,69	348,43	241,91	652,88	6454,4	554,53
07.07.2000	15:20:00 A	488,12	631,22	342,8	229,22	631,33	6212,3	549,14
07.07.2000	15:25:00 A	508,01	635,88	346,98	231,34	634,63	6335,9	552,89
07.07.2000	15:30:00 A	508,98	629,3	341,45	228,71	628,86	6313,4	550,33
07.07.2000	15:35:00 A	552,66	652,89	373,17	246,21	666,77	6388,8	566,19
07.07.2000	15:40:00 A	553,48	644,05	367,41	239,38	649,98	6188,6	561
07.07.2000	15:45:00 A	555,27	640,16	366,65	237,77	639,84	6128,4	560,16
07.07.2000	15:50:00 A	554,97	635,88	365,2	234,73	632,39	6082,6	559,38
07.07.2000	15:55:00 A	513,63	614,89	334,24	230,75	615,83	6062	536,17
07.07.2000	16:00:00 A	549,52	620,22	352,84	238,87	616,47	6093,5	543,38
07.07.2000	16:05:00 A	568,67	617,92	361,98	238,95	613,53	6088	547,36
07.07.2000	16:10:00 A	577,89	617,25	362,49	238,19	611,63	6094,9	546,3
07.07.2000	16:15:00 A	574,56	612	361,98	236,25	607,44	6111,3	548,64
07.07.2000	16:20:00 A	577,3	615,92	363,59	236,5	607,78	6157	550,41
07.07.2000	16:25:00 A	694,42	247,52	487,43	171,83	403,28	6232	812,98
07.07.2000	16:30:00 A	705,7	240,32	460,6	152,02	396,42	6352,1	765,67

Tablo B.2 Bir dakikalık periyot dilimlerinde WIN-PM programı ile ölçülen değerler

Tarih	Akım	Gerilim	kW	kVAr	Güç Faktörü	Güç(W)
Thu Apr 06 08:00:25 2000	0,29	230	0,05	-0,04	0,684	45,6228
Thu Apr 06 08:01:25 2000	0,3	230	0,05	-0,04	0,692	47,748
Thu Apr 06 08:02:25 2000	0,29	230	0,05	-0,04	0,684	45,6228
Thu Apr 06 08:03:25 2000	0,29	229	0,05	-0,04	0,684	45,42444
Thu Apr 06 08:04:25 2000	0,29	229	0,05	-0,04	0,684	45,42444
Thu Apr 06 08:05:25 2000	0,29	229	0,05	-0,04	0,684	45,42444
Thu Apr 06 08:06:25 2000	0,29	229	0,05	-0,04	0,684	45,42444
Thu Apr 06 08:07:25 2000	0,29	230	0,05	-0,04	0,684	45,6228
Thu Apr 06 08:08:25 2000	0,29	229	0,05	-0,04	0,684	45,42444
Thu Apr 06 08:09:25 2000	0,29	229	0,05	-0,04	0,684	45,42444
Thu Apr 06 08:10:25 2000	0,29	229	0,05	-0,04	0,684	45,42444
Thu Apr 06 08:11:25 2000	0,29	228	0,05	-0,04	0,684	45,22608
Thu Apr 06 08:12:25 2000	0,29	228	0,05	-0,04	0,684	45,22608
Thu Apr 06 08:13:25 2000	0,29	228	0,05	-0,04	0,684	45,22608
Thu Apr 06 08:14:25 2000	0,29	229	0,05	-0,04	0,684	45,42444
Thu Apr 06 08:15:25 2000	0,29	228	0,05	-0,04	0,684	45,22608
Thu Apr 06 08:16:25 2000	0,29	227	0,05	-0,04	0,684	45,02772
Thu Apr 06 08:17:25 2000	0,29	228	0,05	-0,04	0,684	45,22608
Thu Apr 06 08:18:25 2000	0,29	228	0,04	-0,04	0,658	43,50696
Thu Apr 06 08:19:25 2000	0,29	227	0,05	-0,04	0,684	45,02772
Thu Apr 06 08:20:25 2000	0,29	226	0,04	-0,04	0,676	44,30504
Thu Apr 06 08:21:25 2000	0,29	226	0,05	-0,04	0,684	44,82936
Thu Apr 06 08:22:25 2000	0,29	226	0,05	-0,04	0,684	44,82936
Thu Apr 06 08:23:25 2000	0,29	226	0,05	-0,04	0,684	44,82936
Thu Apr 06 08:24:25 2000	0,29	225	0,04	-0,04	0,676	44,109
Thu Apr 06 08:25:25 2000	0,29	226	0,04	-0,04	0,676	44,30504
Thu Apr 06 08:26:25 2000	0,29	225	0,04	-0,04	0,658	42,9345
Thu Apr 06 08:27:25 2000	0,29	225	0,05	-0,04	0,684	44,631
Thu Apr 06 08:28:25 2000	0,29	225	0,04	-0,04	0,658	42,9345
Thu Apr 06 08:29:25 2000	0,29	225	0,05	-0,04	0,684	44,631
Thu Apr 06 08:30:25 2000	0,29	225	0,04	-0,04	0,658	42,9345
Thu Apr 06 08:31:25 2000	0,29	224	0,04	-0,04	0,658	42,74368
Thu Apr 06 08:32:25 2000	0,29	225	0,05	-0,04	0,684	44,631
Thu Apr 06 08:33:25 2000	0,29	225	0,04	-0,04	0,658	42,9345
Thu Apr 06 08:34:25 2000	0,29	229	0,05	-0,04	0,684	45,42444
Thu Apr 06 08:35:25 2000	0,3	230	0,05	-0,04	0,692	47,748
Thu Apr 06 08:36:25 2000	0,3	230	0,05	-0,04	0,667	46,023
Thu Apr 06 08:37:25 2000	0,3	229	0,05	-0,04	0,667	45,8229
Thu Apr 06 08:38:25 2000	0,3	230	0,05	-0,04	0,667	46,023
Thu Apr 06 08:39:25 2000	0,29	229	0,05	-0,04	0,684	45,42444
Thu Apr 06 08:40:25 2000	0,3	228	0,05	-0,04	0,667	45,6228
Thu Apr 06 08:41:25 2000	0,3	229	0,05	-0,04	0,667	45,8229
Thu Apr 06 08:42:25 2000	0,29	228	0,05	-0,04	0,703	46,48236
Thu Apr 06 08:43:25 2000	0,29	227	0,05	-0,04	0,684	45,02772
Thu Apr 06 08:44:25 2000	0,29	226	0,04	-0,04	0,676	44,30504
Thu Apr 06 08:45:25 2000	0,29	226	0,05	-0,04	0,684	44,82936
Thu Apr 06 08:46:25 2000	0,29	226	0,05	-0,04	0,703	46,07462
Thu Apr 06 08:47:25 2000	0,29	227	0,04	-0,04	0,676	44,50108
Thu Apr 06 08:48:25 2000	0,3	228	0,05	-0,04	0,667	45,6228
Thu Apr 06 08:49:25 2000	0,3	228	0,05	-0,04	0,667	45,6228

Thu Apr 06 08:50:25 2000	0,3	228	0,05	-0,04	0,667	45,6228
Thu Apr 06 08:51:25 2000	0,3	227	0,05	-0,04	0,667	45,4227
Thu Apr 06 08:52:25 2000	0,3	228	0,05	-0,04	0,667	45,6228
Thu Apr 06 08:53:25 2000	0,3	227	0,05	-0,04	0,667	45,4227
Thu Apr 06 08:54:25 2000	0,29	226	0,05	-0,04	0,684	44,82936
Thu Apr 06 08:55:25 2000	0,29	226	0,05	-0,04	0,684	44,82936
Thu Apr 06 08:56:25 2000	0,86	226	0,19	-0,02	0,991	192,6108
Thu Apr 06 08:57:25 2000	1,28	226	0,29	-0,01	1	289,28
Thu Apr 06 08:58:25 2000	1,32	226	0,3	0,01	1	298,32
Thu Apr 06 08:59:25 2000	1,33	226	0,3	0,01	1	300,58
Thu Apr 06 09:00:25 2000	1,34	225	0,3	-0,01	1	301,5
Thu Apr 06 09:01:25 2000	1,34	226	0,3	-0,01	1	302,84
Thu Apr 06 09:02:25 2000	1,33	225	0,3	-0,01	1	299,25
Thu Apr 06 09:03:25 2000	1,33	225	0,3	-0,01	1	299,25
Thu Apr 06 09:04:25 2000	1,32	226	0,3	-0,01	1	298,32
Thu Apr 06 09:05:25 2000	1,33	225	0,3	-0,01	1	299,25
Thu Apr 06 09:06:25 2000	1,32	225	0,3	0,01	1	297
Thu Apr 06 09:07:25 2000	1,2	225	0,27	0,01	1	270
Thu Apr 06 09:08:25 2000	1,2	225	0,27	-0,01	0,994	268,38
Thu Apr 06 09:09:25 2000	1,2	224	0,27	0,01	1	268,8
Thu Apr 06 09:10:25 2000	1,2	225	0,27	0,01	1	270
Thu Apr 06 09:11:25 2000	1,2	225	0,27	0,01	1	270
Thu Apr 06 09:12:25 2000	1,2	224	0,27	-0,01	0,994	267,1872
Thu Apr 06 09:13:25 2000	1,2	225	0,27	-0,01	0,994	268,38
Thu Apr 06 09:14:25 2000	1,2	224	0,27	0,01	1	268,8
Thu Apr 06 09:15:25 2000	1,2	225	0,27	-0,01	0,994	268,38
Thu Apr 06 09:16:25 2000	1,2	224	0,27	-0,01	0,994	267,1872
Thu Apr 06 09:17:25 2000	1,19	225	0,27	0,01	1	267,75
Thu Apr 06 09:18:25 2000	1,2	224	0,27	-0,01	0,994	267,1872
Thu Apr 06 09:19:25 2000	1,2	225	0,27	-0,01	0,994	268,38
Thu Apr 06 09:20:25 2000	1,2	224	0,27	0,01	1	268,8
Thu Apr 06 09:21:25 2000	1,2	224	0,27	0,01	1	268,8
Thu Apr 06 09:22:25 2000	1,2	224	0,27	-0,01	0,994	267,1872
Thu Apr 06 09:23:25 2000	1,19	225	0,27	0,01	1	267,75
Thu Apr 06 09:24:25 2000	1,19	225	0,27	0,01	1	267,75
Thu Apr 06 09:25:25 2000	1,2	224	0,27	0,01	1	268,8
Thu Apr 06 09:26:25 2000	1,2	223	0,27	-0,01	0,994	265,9944
Thu Apr 06 09:27:25 2000	1,2	223	0,27	-0,01	0,994	265,9944
Thu Apr 06 09:28:25 2000	1,2	224	0,27	-0,01	0,994	267,1872
Thu Apr 06 09:29:25 2000	1,2	224	0,27	0,01	1	268,8
Thu Apr 06 09:30:25 2000	1,19	224	0,27	-0,01	0,994	264,9606
Thu Apr 06 09:31:25 2000	1,2	224	0,27	-0,01	0,994	267,1872
Thu Apr 06 09:32:25 2000	1,2	223	0,27	-0,01	0,994	265,9944
Thu Apr 06 09:33:25 2000	1,2	224	0,27	-0,01	0,994	267,1872
Thu Apr 06 09:34:25 2000	1,2	223	0,27	-0,01	0,994	265,9944
Thu Apr 06 09:35:25 2000	1,2	223	0,27	-0,01	0,994	265,9944
Thu Apr 06 09:36:25 2000	1,2	224	0,27	0,01	1	268,8
Thu Apr 06 09:37:25 2000	1,2	222	0,27	-0,01	0,994	264,8016
Thu Apr 06 09:38:25 2000	1,2	223	0,27	0,01	1	267,6
Thu Apr 06 09:39:25 2000	1,2	222	0,27	0,01	1	266,4
Thu Apr 06 09:40:25 2000	1,2	223	0,27	-0,01	0,994	265,9944
Thu Apr 06 09:41:25 2000	1,2	223	0,27	-0,01	0,994	265,9944
Thu Apr 06 09:42:25 2000	1,2	223	0,27	-0,01	0,994	265,9944
Thu Apr 06 09:43:25 2000	1,21	222	0,27	-0,01	0,994	267,0083
Thu Apr 06 09:44:25 2000	1,2	222	0,27	-0,01	0,994	264,8016
Thu Apr 06 09:45:25 2000	1,2	222	0,27	-0,01	0,994	264,8016

Tablo B.3 Deney ofisi içerisindeki algılayıcıların ölçtüğü değerler ve hesaplanan aydınlık düzeyi değerleri

Tarih	Zaman	A1(x)kapı	A2(x)masa	A4(x)karşıduv.	A6(x)pencere	P hesap.(W)	E yapay(x)	E doğal(x)
07.07.2000	10:30-11:00	737	1241	694	17246	275	276	965
07.07.2000	11:00-11:30	615	1121	510	15303	299	333	788
07.07.2000	11:30-12:00	578	1011	444	15355	289	310	701
07.07.2000	12:00-12:30	526	935	385	11430	281	291	644
07.07.2000	12:30-13:00	500	896	395	10924	281	291	605
07.07.2000	13:00-13:30	462	838	352	9931	296	326	512
07.07.2000	13:30-14:00	430	709	308	7874	298	331	378
07.07.2000	14:00-14:30	441	675	248	6264	306	349	326
07.07.2000	14:30-15:00	462	650	234	5874	308	354	296
07.07.2000	15:00-15:30	493	638	234	6311	303	342	296
07.07.2000	15:30-16:00	547	635	238	6159	301	338	297
07.07.2000	16:00-16:30	616	492	212	6173	300	335	157
Denek No:	12							
Tarih:	07.07.2000							
Adı-Soyadı:	Pinar YILDIZ							
Yaş:	23							
Cinsiyet:	Bayan							
Meslek:	Elektrik Mühendisi							
Göz Bozukluğu:	Var							
Deney Tipi:	Elle Kumandalı							
Oda Sıcaklığı:	33							
Oda Nemli:	%49							
Hava Durumu:	Açık mavi gökyüzü							

Tablo B.4 Deney sonuçlarından elde edilen yapay aydınlık düzeyi değerleri ile bulanık sistemden elde edilen değerlerin karşılaştırılması

ADNAN KAYPMAZ YAS=56				
Ed	Ey(deney)	Ey(bulanık sis.)	Mutlak Hata	Bağıl Hata(%)
2343	443	310	133	11
1366	430	310	120	28
1266	279	311	32	11
937	291	424	133	46
734	755	511	244	32
637	752	535	217	29
435	711	535	176	25
349	708	683	25	4
328	600	711	111	19
318	706	728	22	3
299	708	770	62	9
294	671	770	99	15
288	644	770	126	20
275	600	772	172	29
260	668	777	109	16
256	681	778	97	14
253	711	779	68	10
219	708	770	62	9
ORTALAMA BAĞIL HATA DEĞERİ (%)				18
HIKMET DURMAZ YAS=50				
Ed	Ey(deney)	Ey(bulanık sis.)	Mutlak Hata	Bağıl Hata(%)
1798	15	310	295	11
1064	489	311	178	36
811	467	424	43	9
437	424	535	111	26
415	424	683	259	61
403	632	711	79	13
389	427	728	301	70
381	630	770	140	22
372	642	770	128	20
365	635	770	135	21
362	637	772	135	21
361	632	777	145	23
329	1041	778	263	25
324	1064	779	285	27
ORTALAMA BAĞIL HATA DEĞERİ (%)				28

SERMIN ONAYGIL YAS=41				
Ed	Ey(deney)	Ey(bulanık sis.)	Mutlak Hata	Bağıl Hata(%)
699	238	439	201	84
622	372	435	63	17
563	267	435	168	63
413	414	435	21	5
329	671	677	6	1
320	642	697	55	9
292	492	770	278	57
187	684	770	86	13
177	726	770	44	6
63	688	770	82	12
34	925	770	155	17
28	909	770	139	15
ORTALAMA BAGIL HATA DEGERI (%)				25
ALPIN YENER YAS=39				
Ed	Ey(deney)	Ey(bulanık sis.)	Mutlak Hata	Bağıl Hata(%)
1424	788	311	477	61
917	703	311	392	56
702	706	437	269	38
681	422	439	17	4
539	630	439	191	30
487	516	439	77	15
446	438	439	1	0
402	630	439	191	30
282	784	778	6	1
101	818	778	40	5
85	532	778	246	46
18	865	778	87	10
ORTALAMA BAGIL HATA DEGERI (%)				25

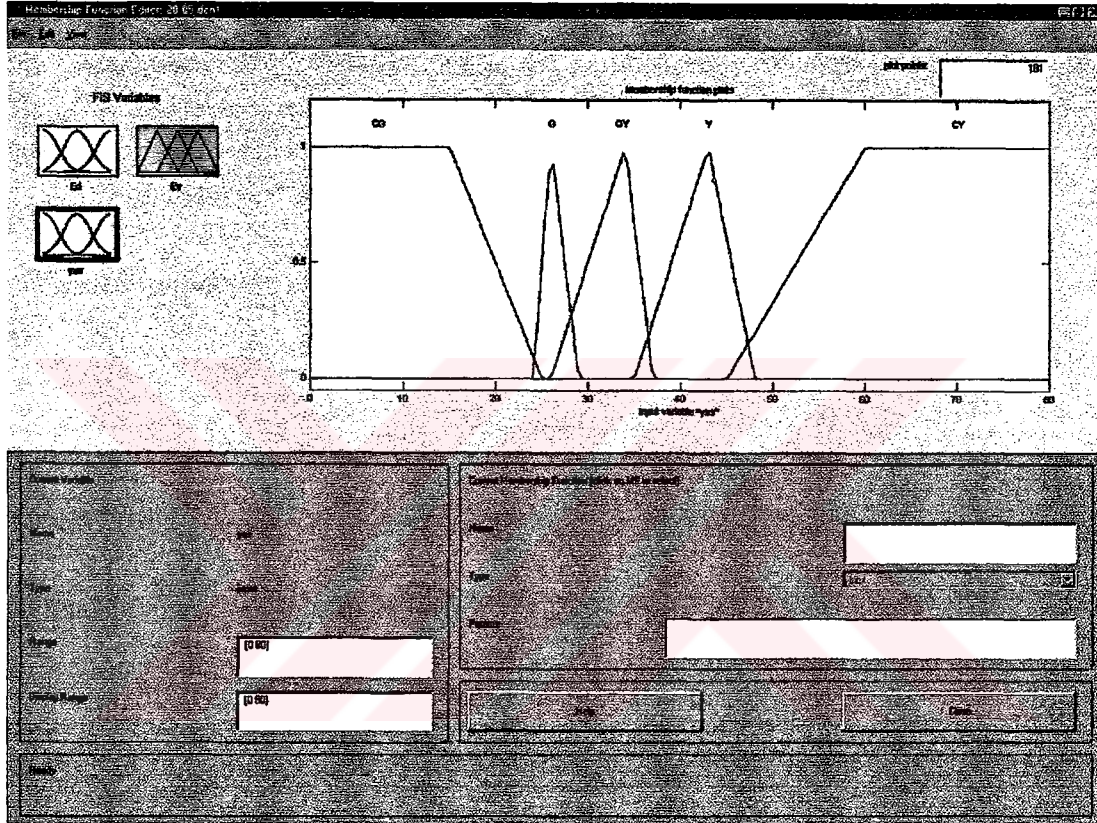
EKREM GURSOY YAS=23				
Ed	Ey(deney)	Ey(bulanık sis.)	Mutlak Hata	Bağıl Hata(%)
762	281	275	6	2
545	382	273	109	29
469	216	273	57	26
387	390	281	109	28
372	223	273	50	22
314	233	263	30	13
295	452	243	209	46
264	233	273	40	17
248	247	273	26	11
209	267	294	27	10
190	225	313	88	39
188	255	313	58	23
172	225	313	88	39
171	259	313	54	21
168	242	313	71	29
159	247	313	66	27
127	324	387	63	19
ORTALAMA BAGIL HATA DEGERI (%)				24
PINAR YILDIZ YAS=23				
Ed	Ey(deney)	Ey(bulanık sis.)	Mutlak Hata	Bağıl Hata(%)
965	276	313	37	13
788	333	298	35	11
701	310	230	80	26
644	291	228	63	22
605	291	230	61	21
512	326	273	53	16
378	331	273	58	18
326	349	273	76	22
297	338	238	100	30
296	342	240	102	30
296	354	240	114	32
157	335	313	22	7
100	345	445	100	29
ORTALAMA BAGIL HATA DEGERI (%)				21

ÖZGÜR ÜSTÜN YAS=31				
Ed	Ey(deney)	Ey(bulanık sis.)	Mutlak Hata	Bağıl Hata(%)
839	1127	437	690	61
835	1122	437	685	61
827	1122	437	685	61
821	1125	437	688	61
776	1120	557	563	50
675	1118	773	345	31
653	1127	773	354	31
522	688	775	87	13
448	616	773	157	25
422	814	773	41	5
378	959	1200	241	25
361	616	1090	474	77
319	1059	1190	131	12
260	1202	1200	2	0
ORTALAMA BAĞIL HATA DEĞERİ (%)				37
ÖNDER GÜLER YAS=30				
Ed	Ey(deney)	Ey(bulanık sis.)	Mutlak Hata	Bağıl Hata(%)
705	859	762	97	11
504	1027	778	249	24
485	591	778	187	32
454	1256	778	478	38
402	1305	778	527	40
314	1298	1180	118	9
295	1301	1200	101	8
253	1301	1200	101	8
246	1300	1200	100	8
216	1050	1200	150	14
178	1017	1200	183	18
ORTALAMA BAĞIL HATA DEĞERİ (%)				19

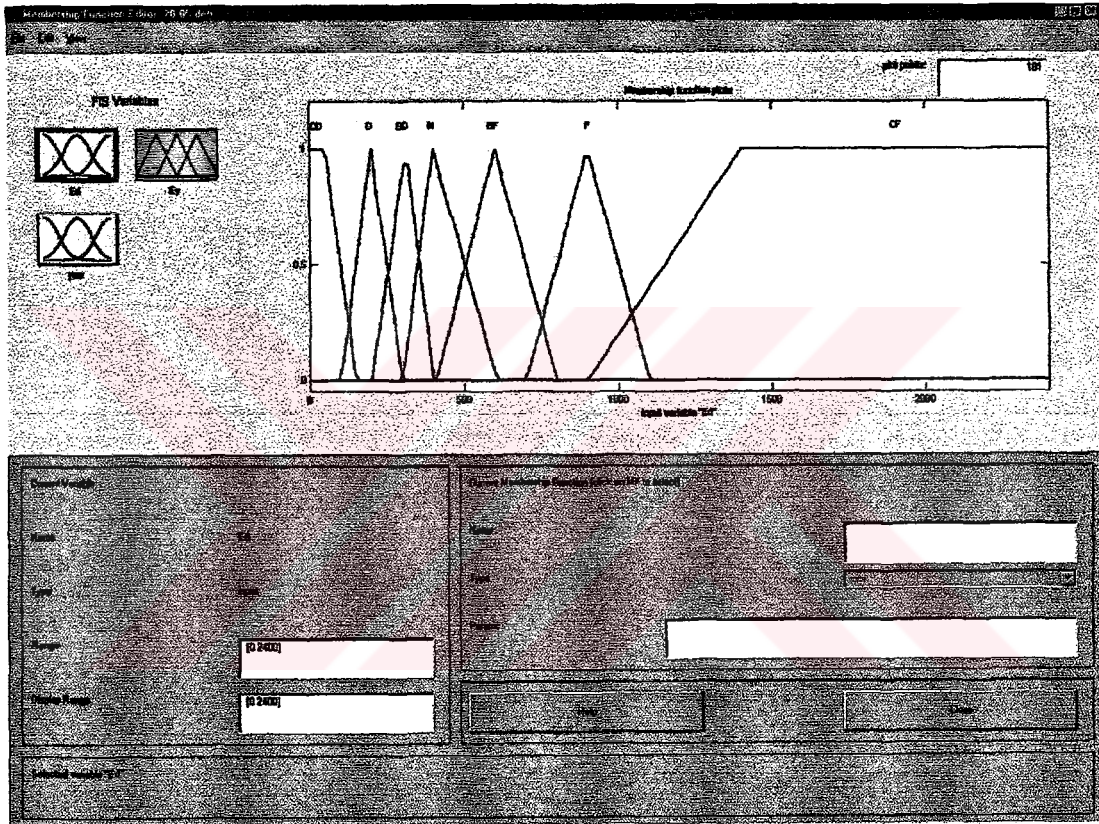
BANU OZTURK YAS=25				
Ed	Ey(deney)	Ey(bulanık sis.)	Mutlak Hata	Bağıl Hata(%)
638	397	311	86	22
620	589	311	278	47
398	427	439	12	3
278	464	470	6	1
214	486	521	35	7
251	489	491	2	0
243	564	496	68	12
208	486	528	42	9
207	438	529	91	21
202	424	536	112	26
200	486	539	53	11
190	416	539	123	30
178	495	539	44	9
131	387	543	156	40
114	385	542	157	41
ORTALAMA BAGIL HATA DEGERI (%)				19
PINAR TUMER YAS=23				
Ed	Ey(deney)	Ey(bulanık sis.)	Mutlak Hata	Bağıl Hata(%)
929	296	313	17	6
712	298	245	53	18
575	151	264	113	75
549	149	273	124	83
423	252	296	44	17
378	247	273	26	11
371	308	273	35	11
319	324	272	52	16
224	170	273	103	61
ORTALAMA BAGIL HATA DEGERI (%)				33

İBRAHİM KARAŞ YAS=23				
Ed	Ey(deney)	Ey(bulanık sis.)	Mutlak Hata	Bağıl Hata(%)
705	467	236	231	49
567	408	272	136	33
476	580	273	307	53
287	514	262	252	49
268	238	273	35	15
191	584	313	271	46
129	537	387	150	28
ORTALAMA BAĞIL HATA DEĞERİ (%)				39

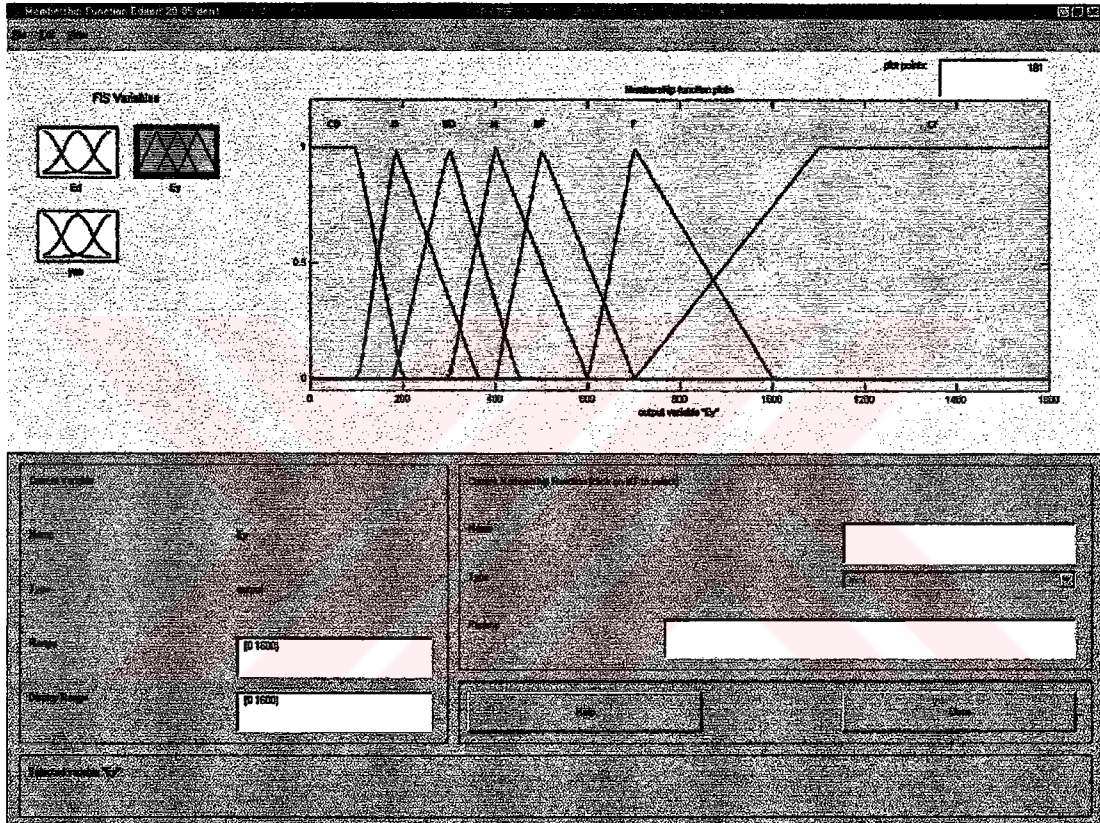
EK-C



Şekil C.1 Bulanık sistemin giriş büyüklüğü olan yaş üyelik fonksiyonu



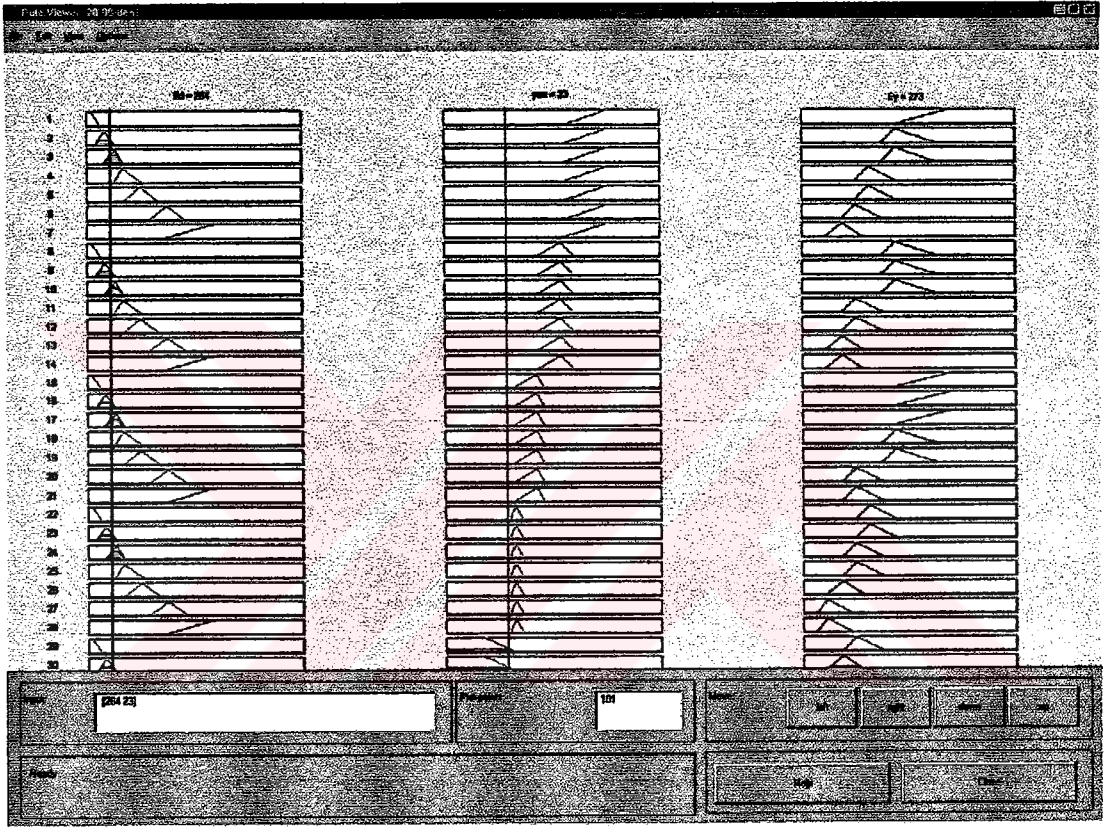
Şekil C.2 Bulanık sistemin giriş büyüklüğü olan doğal aydınlık düzeyi üyelik fonksiyonu



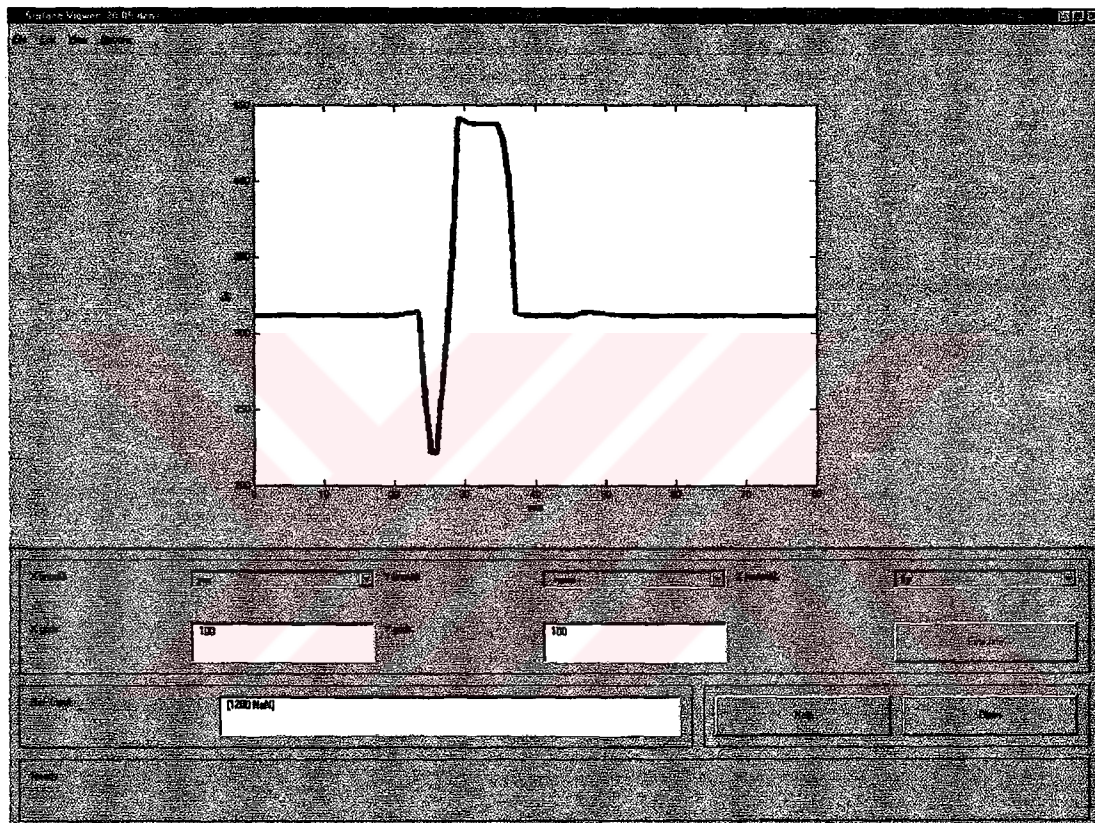
Şekil C.3 Bulanık sistemin çıkış büyüklüğü olan yapay aydınlık düzeyi üyelik fonksiyonu

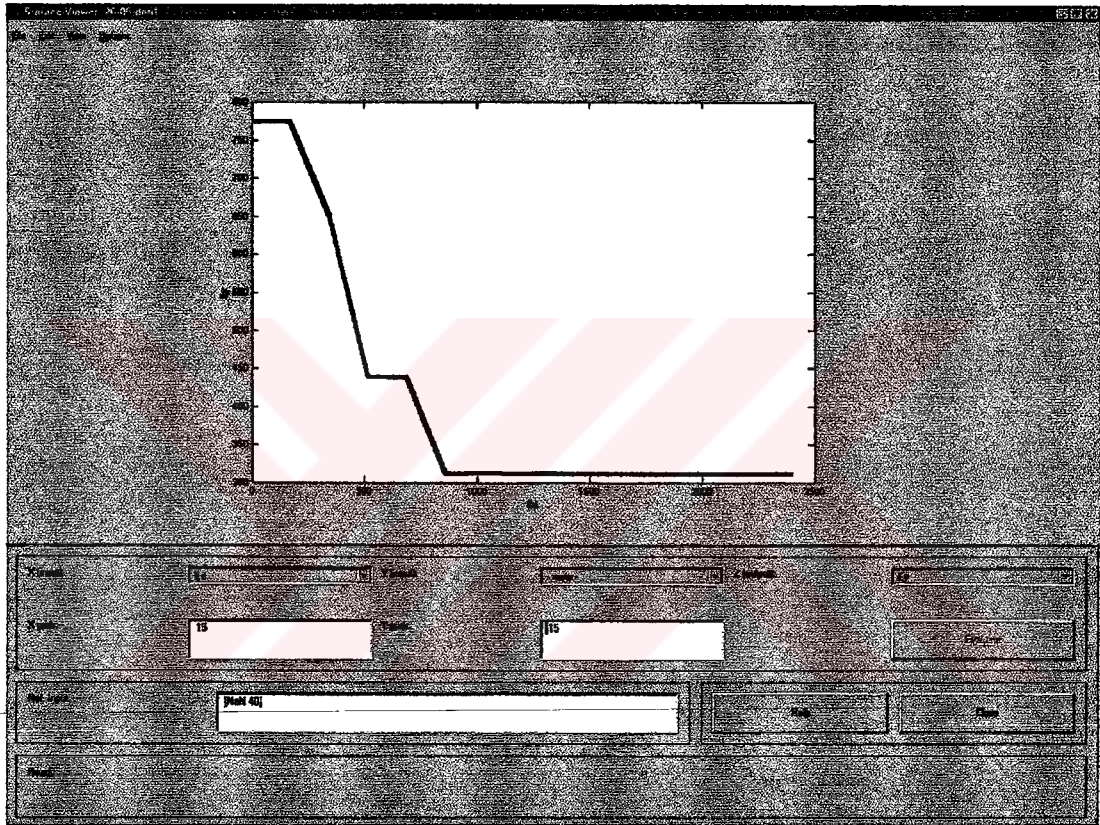


Şekil C.4 Bulanık sistem kural tablosu (toplam 35 kural mevcuttur)

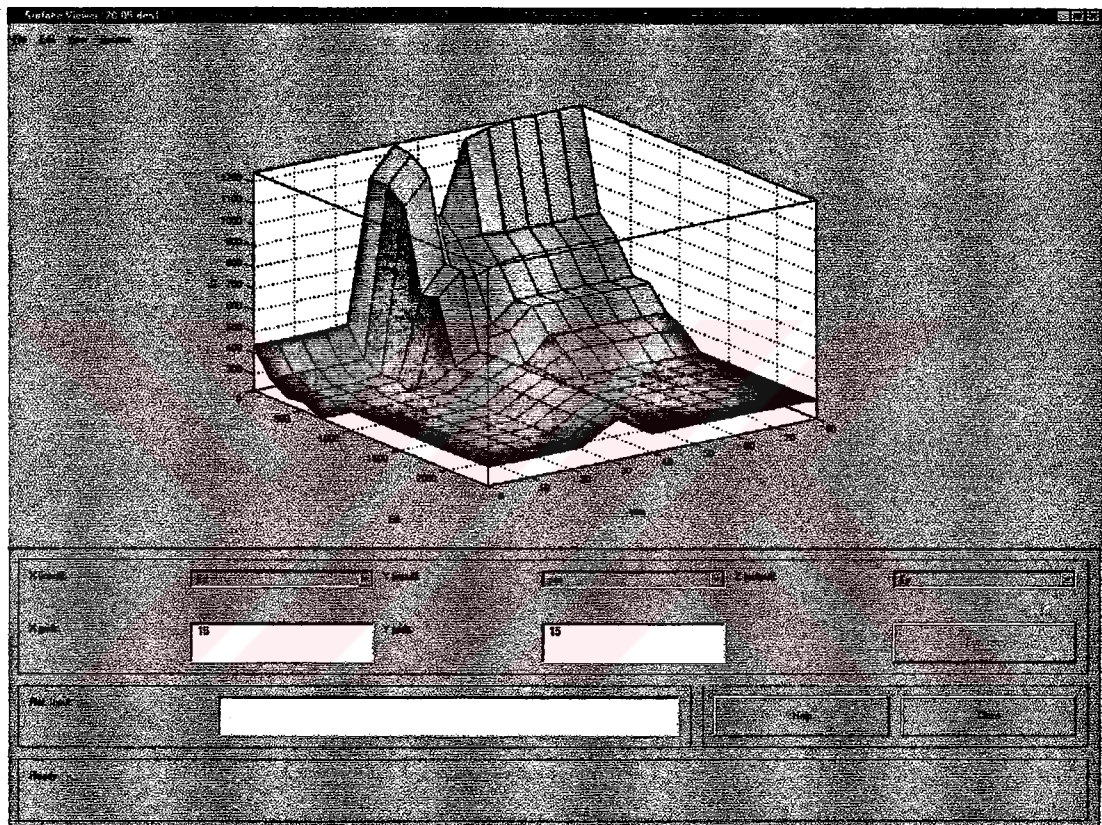


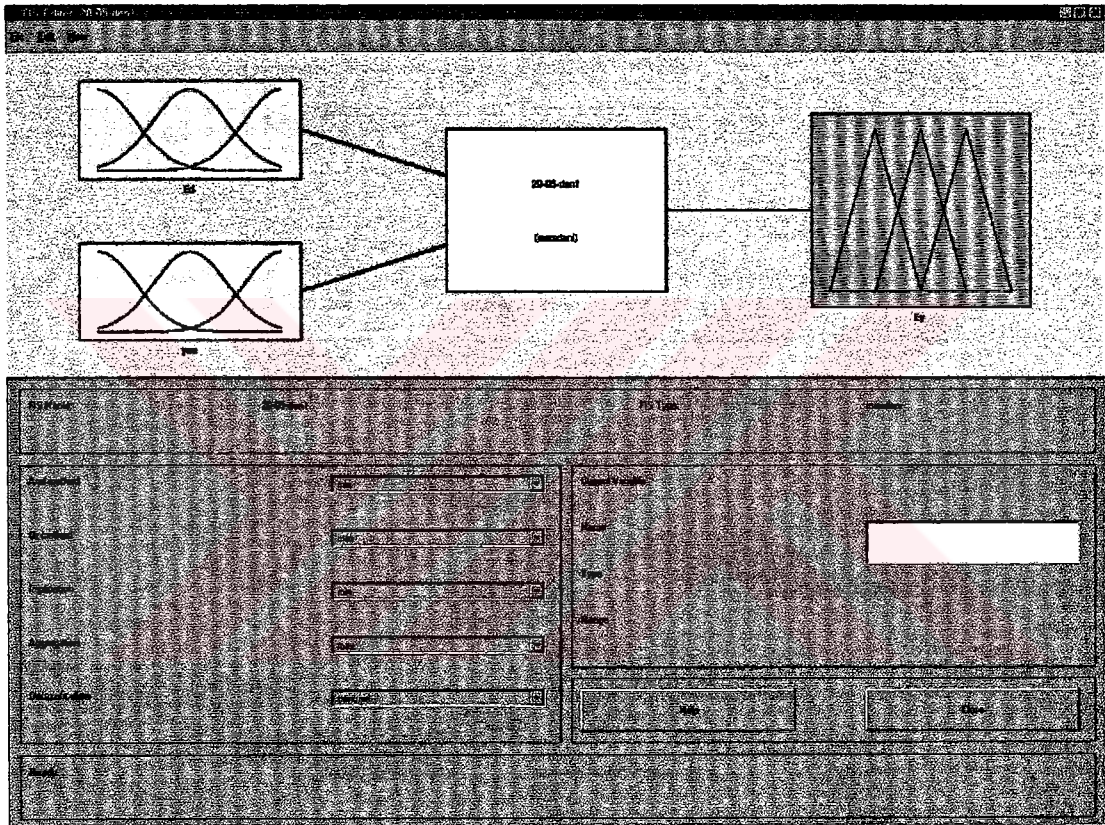
Şekil C.5 Bulanık sistem tasarlandıktan sonra, giriş değerlerine göre çıkış büyüklüklerinin herbir veri için elde edilmesi





Şekil C.7 Bulanık sistem sonucunda elde edilen doğal aydınlık düzeyi ile yapay aydınlık düzeyi arasındaki ilişki





Şekil C.9 Bulanık sistem tasarlanırken, kullanılan fuzzy yöntemlerinin seçildiği MATLAB-fuzzy programı ekran görünümü

ÖZGEÇMİŞ

Pınar TÜMER, 1976 yılında Armutlu/Yalova'da doğdu. İlk ve orta eğitimini sırasıyla Armutlu İlköğretim Okulu ve Bursa Kız Lisesi'nde tamamladı. 1997 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektrik Mühendisliği Bölümünü bitirdi, aynı yıl İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Yüksek Lisans Programı'na kabul edildi. 1998 yılından beri, LUMİNA AYDINLATMA A.Ş.'de proje mühendisi olarak çalışmaktadır.

