

**T.C.**  
**MARMARA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UZMAN SİSTEM DESTEKLİ GÖZETİMLİ DENETİM**  
**VE VERİ TOPLAMA SİSTEMİ İLE DIŞ**  
**AYDINLATMANIN KONTROLÜ**

**Selçuk ATİŞ**  
**(Teknik Öğretmen, MSc.)**

**DOKTORA TEZİ**  
**ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**  
**ELEKTRİK EĞİTİMİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN**  
**Yrd.Doç.Dr. Nazmi EKREN**

**İSTANBUL 2007**

**T.C.**  
**MARMARA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**UZMAN SİSTEM DESTEKLİ GÖZETİMLİ DENETİM**  
**VE VERİ TOPLAMA SİSTEMİ İLE DIŞ**  
**AYDINLATMANIN KONTROLÜ**

**Selçuk ATİŞ**  
(Teknik Öğretmen, MSc.)  
(141201220040138)

**DOKTORA TEZİ**  
**ELEKTRİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**  
**ELEKTRİK EĞİTİMİ PROGRAMI**

**DANIŞMAN**  
**Yrd.Doç.Dr. Nazmi EKREN**

**İSTANBUL 2007**

**T.C.**  
**MARMARA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KABUL VE ONAY BELGESİ**

**UZMAN SİSTEM DESTEKLİ GÖZETİMLİ DENETİM VE VERİ  
TOPLAMA SİSTEMİ İLE DIŞ AYDINLATMANIN KONTROLÜ**

Selçuk Atış'ın "Uzman Sistem Destekli Gözetimli Denetim ve Veri Toplama Sistemi ile Dış Aydınlatmanın Kontrolü" isimli Lisansüstü tez çalışması, M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 04.06.2007 tarih ve 2007/13-30 sayılı kararı ile oluşturulan jüri tarafından Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı Elektrik Eğitimi Programında DOKTORA Tezi olarak Kabul edilmiştir.

|                 |                                 |                            |
|-----------------|---------------------------------|----------------------------|
| <b>Danışman</b> | : Yrd.Doç.Dr. Nazmi EKREN       | Marmara Üniversitesi       |
| <b>Üye</b>      | : Prof.Dr. İrfan GÜNEY          | Okan Üniversitesi          |
| <b>Üye</b>      | : Yrd.Doç.Dr. Vedat TOPUZ       | Marmara Üniversitesi       |
| <b>Üye</b>      | : Doç.Dr. Nurettin UMURKAN      | Yıldız Teknik Üniversitesi |
| <b>Üye</b>      | : Yrd.Doç.Dr. Fuat BÜYÜKTÜMTÜRK | Marmara Üniversitesi       |

**Tezin Savunulduğu Tarih : 20.06.2007**

**ONAY**

M.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..... tarih ve ..... sayılı kararı ile Selçuk Atış'ın Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı Elektrik Eğitimi Programında Doktora (Dr, PhD.) derecesi alması onanmıştır.

**Marmara Üniversitesi**  
**Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü**

## TEŞEKKÜR

Bu tezin fikir aşamasından sonuç aşamasına kadar verimli ve destekleyici bir ortam sağlayan, değerli vaktini ve bilimsel desteğini sunan ve akademik hayatımın diğer safhalarında bana yol gösteren değerli Hocam, tez danışmanım Sayın Yrd.Doç.Dr. Nazmi EKREN'e teşekkür ederim. Öğrenci olduğum süre boyunca ve akademik sürecin her aşamasında bize yardımını ve desteğini esirgemeyen Saygıdeğer Hocam, Sayın Prof.Dr. İrfan Güney'e teşekkürlerimi sunarım. Değerli fikir ve tecrübeleriyle yol gösteren ve yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd.Doç.Dr. Vedat Topuz'a ayrıca teşekkür ederim.

Tezin donanım ve yazılım alt yapısının sağlanmasında yardımcı olan Rockwell Otomasyon Tic. A.Ş., Piomak Otomasyon Makine A.Ş., ALCE Elektrik Sanayi ve Tic. A.Ş., Kablesan Kablo San. Ltd. Şti., Entes Elektronik Cihazlar İmalat ve Tic. A.Ş. firmalarına ve Kadıköy Volkan Elektrik'den Mustafa Bey'e teşekkür ederim. Bu çalışmanın donanım ve yazılım alt yapısının gerçekleşmesinde maddi olarak bize bu imkanları sunan Devletimizin tüm kurumlarına ve değerli vatandaşlarımıza saygılarımı ve şükranlarımı arz ederim.

Tezin hazırlanmasında tecrübelerini, fikirlerini ve yardımlarını esirgemeyen çok değerli hocalarıma teşekkür ederim.

**Saygılarımla.**

**Selçuk Atış**

**02.06.2007**

# İÇİNDEKİLER

|                                   | SAYFA |
|-----------------------------------|-------|
| ÖZET.....                         | I     |
| ABSTRACT .....                    | IV    |
| YENİLİK BEYANI .....              | VII   |
| SEMBOL LİSTESİ .....              | IX    |
| KISALTMALAR.....                  | XI    |
| ŞEKİL LİSTESİ .....               | XIII  |
| TABLO LİSTESİ .....               | XIX   |
| <br>BÖLÜM I. GİRİŞ VE AMAÇ .....  | <br>1 |
| I.1. GİRİŞ.....                   | 1     |
| I.2. AYDINLATMANIN TANIMI .....   | 2     |
| I.3. AYDINLATMANIN KONTROLÜ ..... | 4     |
| I.4. ÇALIŞMANIN AMACI.....        | 5     |

## **BÖLÜM II. AYDINLATMA KONTROL SİSTEMİ VE YAPAY**

### **ZEKÂ..... 8**

#### **II.1. YAPAY ZEKÂ..... 11**

##### **II.1.1. Yapay Zekâ Testleri..... 12**

##### **II.1.2. Yapay zekâ Teknikleri..... 13**

#### **II.2. UZMAN SİSTEM..... 14**

##### **II.2.1. Uzman Sistemlerin Yararları ve Kullanım Alanları ..... 15**

##### **II.2.2. Uzman Sistemlerin Genel Yapısı ..... 18**

###### **II.2.2.1. Kurallar Tabanı..... 20**

###### **II.2.2.2. Çalışan Bellek..... 21**

###### **II.2.2.3. Çıkarım Mekanizması ..... 21**

###### **II.2.2.4. Bilginin Elde Edilme Altsistemi..... 22**

###### **II.2.2.5. Kullanıcı Arabirimi ..... 23**

###### **II.2.2.6. Açıklama Sistemi..... 24**

###### **II.2.2.7. Kullanıcı ..... 24**

##### **II.2.3. Uzman Sistem Geliştirme Süreci ..... 24**

##### **II.2.4. Kurallara Dayalı Uzman Sistemlerin Tasarlanması ..... 26**

###### **II.2.4.1. Bilginin Kurallarla Sunulması Yöntemleri..... 26**

###### **II.2.4.2. Arama Yöntemleri ..... 28**

##### **II.2.5. Belirsizlik Altında Muhakeme ..... 30**

###### **II.2.5.1. Güvenilirlik Katsayısı..... 30**

###### **II.2.5.2. Bayes Kuralı ..... 33**

##### **II.2.6. Uzman Sistemlerde Kullanılan Diller, Kabuklar ve Araçlar ..... 34**

#### **II.3. GÖZETİMLİ DENETİM VE VERİ TOPLAMA SİSTEMİ ..... 35**

##### **II.3.1. Yazılım Paketi ..... 37**

##### **II.3.2. Algılayıcılar ve İş Elemanları ..... 38**

##### **II.3.3. Programlanabilir Elektronik Kontrol Üniteleri ..... 38**

##### **II.3.4. Haberleşme Sistemi..... 40**

##### **II.3.5. Ana istasyonlar, İşletme ve Yönetim Seviyesi ..... 43**

#### **II.4. SAHA VERİ YOLU ..... 43**

##### **II.4.1. Saha Veri Yolu Kontrol Yapısı..... 46**

##### **II.4.2. Saha Veri Yolu Seçim Kriterleri ..... 48**

##### **II.4.3. Topoloji ..... 49**

##### **II.4.4. Universal Remote I/O ..... 51**

#### **II.5. KAYNAK BİLGİLERİNİN İRDELENMESİ..... 56**

##### **II.5.1. Aydınlatma Kuramına İlişkin Çalışmalar..... 56**

##### **II.5.2. Aydınlatma ve Yapay Zeka ile İlgili Çalışmalar ..... 58**

|                                                       |           |
|-------------------------------------------------------|-----------|
| <b>II.5.2. Uzman Sisteme İlişkin Çalışmalar .....</b> | <b>60</b> |
|-------------------------------------------------------|-----------|

## **BÖLÜM III. UZMAN SİSTEM DESTEKLİ GÖZETİMLİ**

### **DENETİM VE VERİ TOPLAMA SİSTEMİ İLE**

### **DIŞ AYDINLATMANIN KONTROLÜ**

|                         |           |
|-------------------------|-----------|
| <b>UYGULAMASI .....</b> | <b>67</b> |
|-------------------------|-----------|

|                                            |           |
|--------------------------------------------|-----------|
| <b>III.1. DAKS KURULUM AŞAMALARI .....</b> | <b>69</b> |
|--------------------------------------------|-----------|

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| <b>III.2. ARAŞTIRMA ARAÇLARI.....</b> | <b>75</b> |
|---------------------------------------|-----------|

|                                          |           |
|------------------------------------------|-----------|
| <b>III.3. DAKS'IN GENEL YAPISI .....</b> | <b>84</b> |
|------------------------------------------|-----------|

|                                                        |           |
|--------------------------------------------------------|-----------|
| <b>III.4. MERKEZİ GERÇEK ZAMANLI UZMAN SİSTEM.....</b> | <b>86</b> |
|--------------------------------------------------------|-----------|

|                                                               |           |
|---------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>III.4.1. Gerçek Zamanlı Kontrol ve İzleme için US.....</b> | <b>89</b> |
|---------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| III.4.1.1. GEZKİ Bilgi Tabanında Disiplin Alanının Tasviri ..... | 89 |
|------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| III.4.1.2. GEZKİ US Değişkenleri ve Çıkarım Mekanizması<br>Değişkenleri ..... | 92 |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| III.4.1.3. GEZKİ Kural Tabanı ..... | 96 |
|-------------------------------------|----|

|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>III.4.2. Gerçek Zamanlı Lamba Arıza Teşhis için US.....</b> | <b>98</b> |
|----------------------------------------------------------------|-----------|

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| III.4.2.1. GEZLAT Bilgi Tabanında Disiplin Alanının Tasviri ..... | 99 |
|-------------------------------------------------------------------|----|

|                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| III.4.2.2. GEZLAT US Değişkenleri ve Çıkarım Mekanizması<br>Değişkenleri ..... | 100 |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| III.4.2.3. GEZLAT Kural Tabanı ..... | 102 |
|--------------------------------------|-----|

|                                                               |            |
|---------------------------------------------------------------|------------|
| <b>III.4.3. Gerçek Zamanlı Hat Arıza Teşhis için US .....</b> | <b>104</b> |
|---------------------------------------------------------------|------------|

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| III.4.3.1. GEZHAT Bilgi Tabanında Disiplin Alanının Tasviri ..... | 104 |
|-------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| III.4.3.2. GEZHAT US Değişkenleri ve Çıkarım Mekanizması<br>Değişkenleri ..... | 105 |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| III.4.3.3. GEZHAT Kural Tabanı ..... | 106 |
|--------------------------------------|-----|

|                                                          |            |
|----------------------------------------------------------|------------|
| <b>III.4.3. Gerçek Zamanlı Yük Tahmini için US .....</b> | <b>108</b> |
|----------------------------------------------------------|------------|

|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| III.4.3.1. GEZYÜT Bilgi Tabanında Disiplin Alanının Tasviri ..... | 109 |
|-------------------------------------------------------------------|-----|

|                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| III.4.3.2. GEZYÜT US Değişkenleri ve Çıkarım Mekanizması<br>Değişkenleri ..... | 111 |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----|

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| III.4.3.3. GEZYÜT Kural Tabanı ..... | 114 |
|--------------------------------------|-----|

|                                                  |            |
|--------------------------------------------------|------------|
| <b>III.5. MEGZUS DESTEKLİ SCADA SİSTEMİ.....</b> | <b>116</b> |
|--------------------------------------------------|------------|

|                                                |            |
|------------------------------------------------|------------|
| <b>III.5.1. Aydınlık Düzeyinin Ölçümü.....</b> | <b>118</b> |
|------------------------------------------------|------------|

|                                                    |            |
|----------------------------------------------------|------------|
| <b>III.6. US TABANLI ZEKİ KONTROL NOKTASI.....</b> | <b>121</b> |
|----------------------------------------------------|------------|

|                                                                         |            |
|-------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>III.6.1. ZKN US Bilgi Tabanından Disiplin Alanının Tasviri .....</b> | <b>123</b> |
|-------------------------------------------------------------------------|------------|

|                                                                        |            |
|------------------------------------------------------------------------|------------|
| III.6.1.1. ZKN US Probleminin Karakterlerinin Ortaya Çıkarılması ..... | 123        |
| III.6.1.2. ZKN US Probleminin Nesnelerinin Belirlenmesi .....          | 123        |
| III.6.1.3. ZKN US Nesneleri Arasındaki İlişkilerin Saptanması.....     | 123        |
| III.6.1.4. ZKN US Çıkarım Mekanizmasında Yöntemin Belirlenmesi.....    | 124        |
| <b>III.6.2. ZKN US Değişkenleri ve Çıkarım Mekanizması</b>             |            |
| Değişkenleri .....                                                     | 125        |
| <b>III.6.3. ZKN US Kural Tabanı .....</b>                              | <b>127</b> |

## **BÖLÜM IV. DENEYSEL SONUÇLAR..... 129**

### **IV.1. MEGZUS KAPSAMINDA SONUÇLAR..... 129**

|                                                     |            |
|-----------------------------------------------------|------------|
| <b>IV.1.1. GEZKİ Fonksiyonu .....</b>               | <b>129</b> |
| IV.1.1.1. GEZKİ Fonksiyonunda Maliyet .....         | 149        |
| <b>IV.1.2. GEZYÜT ve GEZLAT Fonksiyonları .....</b> | <b>152</b> |
| <b>IV.1.2. GEZHAT Fonksiyonu .....</b>              | <b>155</b> |

### **IV.2. US TABANLI ZKN SONUÇLARI..... 157**

|                                            |            |
|--------------------------------------------|------------|
| <b>IV.2.1 US Tabanlı ZKN Maliyet .....</b> | <b>157</b> |
|--------------------------------------------|------------|

## **BÖLÜM V. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME ..... 161**

|             |                                         |            |
|-------------|-----------------------------------------|------------|
| <b>EK A</b> | <b>PROGRAMLANABİLİR KONTROLÖR GİRİŞ</b> |            |
|             | <b>ÇIKIŞ ADRESLERİ .....</b>            | <b>176</b> |

|             |                                       |            |
|-------------|---------------------------------------|------------|
| <b>EK B</b> | <b>MİKRODENETLEYİCİ, ARIZA VE GÜÇ</b> |            |
|             | <b>KARTLARI DEVRE ŞEMALARI.....</b>   | <b>179</b> |

|             |                                       |            |
|-------------|---------------------------------------|------------|
| <b>EK C</b> | <b>A BLOK KONTROL PANOSU BAĞLANTI</b> |            |
|             | <b>ŞEMALARI .....</b>                 | <b>182</b> |

|             |                                             |            |
|-------------|---------------------------------------------|------------|
| <b>EK D</b> | <b>MEGZUS'DA GERÇEK ZAMANLI KONTROL</b>     |            |
|             | <b>VE İZLEME İÇİN US KURAL TABANI .....</b> | <b>186</b> |



|             |                                                |            |
|-------------|------------------------------------------------|------------|
| <b>EK E</b> | <b>MEGZUS'DA GERÇEK ZAMANLI LAMBA</b>          |            |
|             | <b>ARIZA TEŞHİS İÇİN US KURAL TABANI .....</b> | <b>196</b> |
| <b>EK F</b> | <b>MEGZUS'DA GERÇEK ZAMANLI HAT</b>            |            |
|             | <b>ARIZA TEŞHİS İÇİN US KURAL TABANI .....</b> | <b>199</b> |
| <b>EK G</b> | <b>MEGZUS'DA GERÇEK ZAMANLI YÜK</b>            |            |
|             | <b>TAHMINİ İÇİN US KURAL TABANI .....</b>      | <b>204</b> |
| <b>EK H</b> | <b>US TABANLI ZEKİ KONTROL NOKTASI</b>         |            |
|             | <b>İÇİN KURAL TABANI .....</b>                 | <b>215</b> |
|             | <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>                           | <b>223</b> |

# ÖZET

## UZMAN SİSTEM DESTEKLİ GÖZETİMLİ DENETİM VE VERİ TOPLAMA SİSTEMİ İLE DIŞ AYDINLATMANIN KONTROLÜ

Bu tez çalışmasında, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesinde zeki bir dış aydınlatma kontrol sistemi geliştirilmiştir. Zeki dış aydınlatma kontrol sistemi, elektrik enerjisinin daha verimli kullanımı için lamba gruplarının kontrolü ve izlenmesi, bir lamba grubunda yük tahmini, bir lamba grubunda arıza teşhis ve güç hatlarında arıza teşhis olarak dört fonksiyona sahiptir. Zeki bir dış aydınlatma kontrol sistemi için uzman sistem destekli gözetimli denetim ve veri toplama sistemi kurulmuştur.

Gerçek zamanlı uzman sistemler bilgisayar ve mikrodenetleyici tabanlı olarak iki farklı ortamda oluşturulmuştur. Uzman sistemler, bilgi-tabanlı kurallardan tasarlanmıştır.

Bilgisayar ortamında bilgi tabanlı kurallar yazılarak gerçekleştirilen uzman sistem, merkezi gerçek zamanlı uzman sistem olarak isimlendirilmiştir. Bu uzman sistem; saha veri yolu ve programlanabilir kontrolörün arayüzlerini kullanarak ethernet üzerinden dört farklı fonksiyonu yürütmek için gerçekleştirilmiştir.

Merkezi gerçek zamanlı uzman sistemin ilk fonksiyonu, gerçek zamanlı kontrol ve izlemedir. Gerçek zamanlı kontrol ve izleme için iki farklı uygulama yapılmıştır. İlk uygulamada, gerçek zaman ve dış ortamdaki aydınlık düzeyi bilgisinin yorumlanarak uygun zaman dilimleri arası lambaların devreye alınması ve çıkarılması için gerekli kontrol işaretleri üretilmiştir. İkinci uygulamada, kontrol sisteminden alınan bilgilerin yorumlanarak, lambaların çıkışları gözlenmiştir. Bu fonksiyonunun kural tabanı 102 adet kuraldan oluşturulmuştur.

Gerçek zamanlı kontrol ve izleme fonksiyonun uygulandığı okul dönemi

Çalışma şeklinde elektrik enerjisinde ortalama %34,04 tasarruf elde edilmiştir. Bu fonksiyon sadece Teknik Eğitim Fakültesi dış aydınlatmasına uygulanırsa, ilk kurulum maliyeti de dikkate alındığında altı yılın sonunda sistemin kr edeceği tahmin edilmektedir. Sistem, Marmara Üniversitesi Göztepe yerleşkesine uygulanırsa 2-3 yıl sonunda kr edeceği tahmin edilmektedir. Elektrik tüketim bedelindeki yıllık artış %6'dan daha yüksek olursa bu süreler kısılacaktır.

Merkezi gerçek zamanlı uzman sistemin ikinci fonksiyonu, gerçek zamanlı yük tahmini fonksiyonudur. Bu fonksiyon, A blok sürekli lamba grubuna bağlı lambaların güç değerlerini tahmin etmek için tasarlanmıştır. Bu fonksiyonunun kural tabanı 138 adet kuraldan oluşturulmuştur.

Merkezi gerçek zamanlı uzman sistemin üçüncü fonksiyonu, gerçek zamanlı lamba arıza teşhis fonksiyonudur. Bu fonksiyonda, A blok sürekli lamba grubunun faz akım değerinin yorumlanarak lamba grubunun aktif olup olmadığını tespit etmek ve lamba arızalarını belirleyerek gerekli açıklamaları üretmek amacı ile tasarlanmıştır. Bu fonksiyonunun kural tabanı 19 adet kuraldan oluşturulmuştur.

Merkezi gerçek zamanlı uzman sistemin dördüncü fonksiyonu, gerçek zamanlı hat arıza teşhis fonksiyonudur. Bu fonksiyon, lambaların bağlandığı  fazda, gerçek zamanlı hat arızası olup olmadığını tespit etmek ve gerekli açıklamaların üretilmesini sağlamak için oluşturulmuştur. Bu fonksiyonunun kural tabanında 36 adet kural kullanılmıştır.

Merkezi gerçek zamanlı uzman sistemde, saha veri yolu standardı üzerinde oluşabilecek arızalarda veya saha veri yolu üzerindeki modüllerin devre dışı edilme durumlarında, sinyalin kesildiği blok veya bloklarda, dış aydınlatma kontrol edilemez. Bu durumda, dış aydınlatmada srekliiliği sağlamak için, binaların her bloğunda mikrodenetleyici kullanılarak, merkezden bağımsız kontrol eden uzman sistem tabanlı zeki kontrol noktaları kurulmuştur. Mikrodenetleyicinin program hafızasına, enerji tüketimini en uygun düzeyde tutan bir uzman sistem yazılarak, uzman sistem tabanlı denetleyici yapılmıştır. Uygulama esnasında ortalama %31,78 tasarruf elde edilmiştir. Bu sistem, sadece Teknik Eğitim Fakültesi dış aydınlatmasına uygulanırsa ve ilk kurulum maliyeti de dikkate alındığında ilk yılın sonunda yaklaşık 2.000 YTL kr edeceği tahmin edilmektedir.

Gerçekleştirilen zeki dış aydınlatma kontrol sistemi elektrik enerjisinin daha verimli kullanılmasını, arızalara zamanında müdahale edilmesi, esnek bir yapı oluşması, Ethernet üzerinden kontrolü ve izlenmesi, bina yönetim sistemlerine

entegre olmasını sağlamıştır. Gerçekleştirilen sistem, kontrol, izleme, yük tahmini ve hata teşhisi olarak adlandırılan dört fonksiyonun bir arada kullanıldığı ilk uzman sistemdir. Uzman sistem tabanlı zeki kontrol noktaları dış aydınlatma kontrolü için aydınlatma tekniğinde ki ilk uygulamadır.

**Haziran, 2007**

**Selçuk ATİŞ**

## **ABSTRACT**

### **CONTROL OF OUTDOOR LIGHTING SYSTEM BY EXPERT SYSTEM SUPPORTED SUPERVISORY CONTROL AND DATA ACQUISITION**

In this work, an intelligent outdoor lighting control system is designed for Technical Education Faculty at Marmara University. The intelligent outdoor lighting control system has four functions that control and monitor lamp groups for more efficient use of electrical energy, load estimation and fault diagnosis in lamp groups, and fault diagnosis in power supply lines. A supervisory control and data acquisition system with expert system support is constructed as an intelligent outdoor lighting control system.

The real-time expert systems are composed of two different environments as computer and microcontroller bases. The expert system is designed employing knowledge-based rules.

The expert system is designed by writing the knowledge-base rules in a computer environment, called central real-time expert system. The central real-time expert system is designed to execute four different functions on ethernet by using the fieldbus and interfaces of the programmable controller.

The first function of the central real-time expert system is the real-time control and monitoring. Two different applications are designed for real-time control and monitoring. In the first application, necessary control signs for turning on/off of lamps in reasonable time intervals are produced with interpretation of the information on real time and outdoor illumination level. In the second application, the output of the lamps is observed with the interpretation of the information obtained from the control system. The rule base of the first function has 102 rules.

The real-time control and monitor function has been applied during the teaching term and about 34.04% saving has been obtained in electrical energy. It is estimated that if this function is applied to outdoor lighting of the Technical Education Faculty, the system will pay back in six years. If the system is implemented at Marmara University Goztepe Campus, the system will pay back in 2-3 years. If the annual increase in the cost of electricity becomes higher than 6%, then the pay back period shortens.

The second function of the central real-time expert system is the real time load estimation function. This function is designed to estimate the power values of lamps connected to A Block lamp groups. The rule base of the second function has 138 rules.

The third function of the central real-time expert system is the real-time fault diagnosis of lamp. This function is designed to determine whether the phase current value of the A Block lamp group is active or not and to make necessary explanations by determining the lamp faults. The rule base of this function consists of 19 rules.

The fourth function of the central real-time expert system is the real-time fault diagnosis of power line. This function is designed to determine whether there is a real-time power supply line fault in the three phases where the lamps are connected to and to make necessary explanations. The rule base of the fourth function has 36 rules.

In the central real-time expert system, faults that may occur on the fieldbus standard or in case the modules on the fieldbus are inactivated, in block or blocks where the signal is turned off, the outdoor lighting cannot be controlled. In that case, the expert system based intelligent control nodes that control independently from the center have been designed for ensuring the outdoor lighting control by using the microcontroller in each block of buildings. Loading an expert system in the program memory of the microcontroller keeps the energy consumption at the most suitable level an expert system based controller is designed. During the application, about 31.78% saving in electricity consumption has been obtained. If this system is only applied to the outdoor lighting of the Faculty and the first installation cost is considered, it is estimated that about 2000 YTL profit will have been made at the end of the first year.

The designed intelligent outdoor lighting control system ensures more efficient use of electrical energy, stepping in faults on time, a flexible structure, control and

monitoring on Ethernet and integration with the building management systems. The designed system is a novel expert system that has four functions, control, monitor, load estimation and fault. The expert system based intelligent control nodes are applied for the first time in lighting technology for outdoor lighting control.

**Haziran, 2007**

**Selçuk ATİŞ**

# YENİLİK BEYANI

## UZMAN SİSTEM DESTEKLİ GÖZETİMLİ DENETİM VE VERİ TOPLAMA SİSTEMİ İLE DIŞ AYDINLATMANIN KONTROLÜ

Dış aydınlatmanın kontrolü üzerine yapılmış sistemlerde, lambaların kontrolünde temelde üç yöntem kullanılmaktadır. Bunlar;

- Gün ışığına bağlı olarak lambaların kontrolü,
- Modüler zaman saatleri kullanılarak lambaların kontrolü,
- Hareket sensörleri ve şalter kullanılarak lambaların kontrolü.

Lambaların kontrolünde kullanılan bu yöntemlerin dezavantajları vardır. Bunlar; genellikle elektrik enerjisi tüketiminin yüksek olması, güvenlik açısından tehlike oluşturması, sistemdeki arızalara zamanında müdahale edilememesi, tüketilen enerji için gerekli raporların alınamaması, esnek olmayan yapıya sahip olması, belli bir merkezden kontrolü ve izlenmesi zorluğu, haberleşme teknolojisinin kullanılmaması, bina yönetim sistemlerine entegre olmaması sayılabilir.

Bu çalışmada, enerji verimliliğine bir ölçüde katkıda bulunmak ve mevcut dış aydınlatma kontrol sistemlerinin dezavantajlarını ortadan kaldırmak için dış aydınlatmada; lamba gruplarının kontrolü, izlenmesi, yük tahmini ve arıza teşhis işlemlerini zeki olarak gerçekleştiren dış aydınlatma kontrol sistemi gerçekleştirilmiştir. Zeki bir dış aydınlatma kontrol sistemi için gözetimli denetim ve veri toplama sistemi ile uzman sistem birlikte kullanılmıştır. Gerçekleştirilen dış aydınlatma kontrol sisteminin zeki davranışlarda bulunması yapay zeka tekniklerinden uzman sistem ile sağlanmıştır. Gerçekleştirilen uzman sistemler, bilgisayar ve mikrodenetleyici tabanlı olarak iki farklı ortamda gerçek zamanlı çalıştırılmıştır. Sistem, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'nin bulunduğu beş bloğun dış aydınlatmasına uygulanmıştır.



Gerçekleştirilen sistem, uzman sistemin dış aydınlatmada; kontrol, izleme, yük tahmin ve hata teşhis etmek amacı ile kullanıldığı ilk uzman sistemdir.

Bilgisayar ortamında yürütülen uzman sistem, saha veri yolu ve Ethernet üzerinden çalışmaktadır. Bilgisayar ortamında gerçekleştirilen uzman sistem ile aşağıdaki fonksiyonlar başarı ile gerçekleştirilmiştir. Bunlar; gün ışığı, gerçek zaman ve harekete bağlı olarak lamba gruplarının en uygun zaman diliminde devreye girmesi ve çıkması yani enerji tüketimini en uygun düzeyde tutulması, lamba gruplarının devrede olup olmadığını izlenmesi, lamba gruplarının bağlı olduğu hatlardaki arızaların teşhis edilmesi, bir lamba grubundaki lamba arızalarının teşhis edilmesi, tek hat üzerinde bağlı bulunan yük değerini tahmin edilmesidir. Bu fonksiyonların tümü saha veri yolu ve Ethernet üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bilgisayar ortamında gerçekleştirilen uzman sistemde, klasik sistem olarak adlandırılan sisteme göre ortalama %34,04 enerji tasarrufu elde edilmiştir.

Bilgisayar ortamında yürütülen, saha veri yolu ve Ethernet üzerinden çalıştırılan uzman sistem için kullanılan donanımlarda arıza veya devre dışı edilme durumunda, ilgili alan bilgisayar ortamında çalışan uzman sistem ile kontrol edilemez. Bu durumda, dış aydınlatma kontrolünde sürekliliği sağlamak için, binaların her bloğuna mikrodenetleyici tabanlı kartlar imal edilmiştir. Mikrodenetleyici hafızasına, uzman sistem kuralları yazılarak, dış aydınlatmada ilk defa uzman sistem tabanlı zeki kontrol noktaları kurulmuştur. Zeki kontrol noktasındaki uzman sistemin çalıştırılması ile klasik sistem olarak adlandırılan sisteme göre ortalama %31,78 enerji tasarrufu elde edilmiştir.

Gerçekleştirilen uzman sistemler ile dış aydınlatmada; uzman sistemin uygulanabilirliği, tüketilen enerjide istenilen verimlilik, sistemdeki arızalara zamanında müdahale edilme, esnek bir yapı oluşması, Ethernet üzerinde kontrol ve izlenme, bina yönetim sistemlerine entegre olması sağlanmıştır.

Gerçekleştirdiğimiz çalışmada kullanılan donanım ve yazılımların endüstriyel sahada gerçek zamanlı uygulamalarda kullanılması ve sistemin üniversitede sınırları içerisinde kurulması, eğitim alanında öğrencilerin bilgi ve tecrübelerinin artırılmasına katkı sağlayacaktır.

**Haziran, 2007**

**Yrd.Doç.Dr. Nazmi EKREN**

**Selçuk ATİŞ**

## SEMBOL LİSTESİ

|                                     |                                                  |
|-------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>DBM</b>                          | : Değişim ve bakım maliyeti (YTL)                |
| <b>E</b>                            | : Aydınlık düzeyi (L <sub>ux</sub> )             |
| <b>f</b>                            | : Elektrik enerjisi birim fiyatı (YTL/kWh)       |
| <b>GK</b>                           | : Güvenilirlik katsayısı                         |
| <b>GK<sub>0</sub></b>               | : Güvenilirlik katsayısının ilk değeri           |
| <b>GK<sub>y</sub></b>               | : Güvenilirlik katsayısının sonraki değeri       |
| <b>GK<sub>s</sub></b>               | : Güvenilirlik katsayısı sınır değeri            |
| <b>I<sub>in</sub></b>               | : Akım transduseri giriş akımı (A)               |
| <b>I<sub>0</sub></b>                | : Akım transduseri analog çıkış akımı (A)        |
| <b>İYM</b>                          | : İlk yatırım maliyeti (YTL)                     |
| <b>K<sub>1</sub></b>                | : Lamba birim fiyatı (YTL)                       |
| <b>K<sub>2</sub></b>                | : Lamba birim değiştirme ve bakım maliyeti (YTL) |
| <b>L1, L2, L3</b>                   | : Üç fazlı alternatif akım sistemde her bir faz  |
| <b>n</b>                            | : Lamba sayısı                                   |
| <b>N</b>                            | : Alternatif akımda nötr ucu                     |
| <b>P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub></b> | : Akım trafosu primer sargı uçları               |
| <b>P<sub>L</sub></b>                | : Bir lamba gücü (Watt)                          |
| <b>P(A)</b>                         | : A olayının gerçekleşme olasılığı               |
| <b>P(D)</b>                         | : D olayının gerçekleşme olasılığı               |

|                                     |                                                                  |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>P(A&amp;D)</b>                   | : A ve D olayların aynı zamanda gerçekleşme olasılığı            |
| <b>P(A   D)</b>                     | : D olayı gerçekleştikten sonra A olayının gerçekleşme olasılığı |
| <b>s<sub>1</sub>, s<sub>2</sub></b> | : Akım trafosu sekonder sargı uçları                             |
| <b>t<sub>1</sub></b>                | : Lamba ömrü (saat)                                              |
| <b>t<sub>2</sub></b>                | : Bir lambanın yıllık çalışma süresi (saat)                      |
| <b>TM</b>                           | : Toplam maliyet (YTL)                                           |
| <b>v<sub>gp</sub></b>               | : Güneş pilinin ürettiği gerilim (V)                             |
| <b>YTB</b>                          | : Yıllık tüketim bedeli (YTL)                                    |

## KISALTMALAR

|               |                                                                                    |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>AKS</b>    | : Aydınlatma Kontrol Sistemi                                                       |
| <b>API</b>    | : Application Program Interface-Uygulama Program Arayüzü                           |
| <b>AS-I</b>   | : Actuator Sensor-Interface                                                        |
| <b>BTO</b>    | : Blok Transfer Okuma- Block Transfer Read                                         |
| <b>BTY</b>    | : Blok Transfer Yazma- Block Transfer Write                                        |
| <b>CAN</b>    | : Controller Area Network                                                          |
| <b>DAKS</b>   | : Dış Aydınlatma Kontrol Sistemi                                                   |
| <b>DCS</b>    | : Distributed Control Systems                                                      |
| <b>DDE</b>    | : Dynamic Data Exchange                                                            |
| <b>GK</b>     | : Güvenilirlik Katsayısı                                                           |
| <b>GEZKİ</b>  | : Gerçek Zamanlı Kontrol ve İzleme                                                 |
| <b>GEZLAT</b> | : Gerçek Zamanlı Lamba Arıza Teşhis                                                |
| <b>GEZHAT</b> | : Gerçek Zamanlı Hat Arıza Teşhis                                                  |
| <b>GEZYÜT</b> | : Gerçek Zamanlı Yük Tahmini                                                       |
| <b>GSYH</b>   | : Gayri Safi Yurtiçi Hasıla                                                        |
| <b>HMI</b>    | : Human-Machine Interface-İnsan-Makine Arayüzü                                     |
| <b>HR</b>     | : Hareketli Lamba Grubu                                                            |
| <b>HVAC</b>   | : Heating Ventilating and Air Conditioning -Isıtma Soğutma ve Hava<br>Şartlandırma |

|               |                                                                                |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| <b>I/O</b>    | : Input/Output-Giriş/Çıkış                                                     |
| <b>IEC</b>    | : International Elektrotechnical Commission                                    |
| <b>ISO</b>    | : International Standarts Organization- Uluslararası Standartlar Organizasyonu |
| <b>LAN</b>    | : Local Area Network – Yerel Alan Ağı                                          |
| <b>MEGZUS</b> | : Merkezi Gerçek Zamanlı Uzman Sistem                                          |
| <b>OECD</b>   | : Organisation for Economic Co-operation and Development                       |
| <b>ODBC</b>   | : Open Database Connectivity-Açık Veritabanı Bağlantısı                        |
| <b>OPC</b>    | : OLE for Process Control                                                      |
| <b>OSI</b>    | : Open Systems Interconnection – Açık Sistemler Arabağlaşımı                   |
| <b>PEKÜ</b>   | : Programlanabilir Elektronik Kontrol Üniteleri                                |
| <b>PLC</b>    | : Programmable Logic Controller – Programlanabilir Kontrolör                   |
| <b>RIO</b>    | : Remote I/O                                                                   |
| <b>RTU</b>    | : Remote Terminal Unit – Uzak Terminal Ünitesi                                 |
| <b>SCADA</b>  | : Supervisory Control and Data Acquisition                                     |
| <b>SUR</b>    | : Sürekli Lamba Grubu                                                          |
| <b>TCP/IP</b> | : Transmission Control Protocol / Internet Protocol                            |
| <b>URIO</b>   | : Universal Remote Input/Output                                                |
| <b>US</b>     | : Uzman Sistem                                                                 |
| <b>WAN</b>    | : Wide Area Network – Geniş Alan Ağı                                           |
| <b>ZKN</b>    | : Zeki Kontrol Noktası                                                         |

## ŞEKİL LİSTESİ

|                                                                                                                                  | <u>SAYFA NO</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Şekil II.1 Yapay Zekanın İlgilendiği Alanlar.....                                                                                | 14              |
| Şekil II.2 Uzman Sistemin Temel Yapısı.....                                                                                      | 19              |
| Şekil II.3 Uzman Sistemin Genel Yapısı .....                                                                                     | 20              |
| Şekil II.4 İleriye Doğru Zincirleme.....                                                                                         | 27              |
| Şekil II.5 Geriye Doğru Zincirleme .....                                                                                         | 28              |
| Şekil II.6 Enlemesine Arama .....                                                                                                | 29              |
| Şekil II.7 Derinlemesine Arama.....                                                                                              | 29              |
| Şekil II.8 Toplam Olasılık Teoremi için Grafikselsel Gösterim.....                                                               | 33              |
| Şekil II.9 Kompleks Bir SCADA Sistemi.....                                                                                       | 36              |
| Şekil II.10 Geleneksel ve Saha Veri Yolu Kablolama Yapısı.....                                                                   | 45              |
| Şekil II.11 Saha Veri Yolunun Bağlantı Maliyetleri, Tepki Zamanı,<br>Mesafe ve Bilgi Değişim Türüne Göre Sınıflandırılması ..... | 46              |
| Şekil II.12 Merkezi Olmayan Kontrol Sistemi.....                                                                                 | 47              |
| Şekil II.13 Saha Veri Yolu Topolojileri a) Ortak Yol, b) Halka, c)Yıldız.....                                                    | 50              |
| Şekil II.14 Saha Veri Yolu Topolojileri a) Hat, b) Ağaç .....                                                                    | 50              |
| Şekil II.15 Universal Remote I/O Yapısında Farklı Cihazların Bağlantısı .....                                                    | 51              |
| Şekil II.16 Remote I/O Görüntü Belleği .....                                                                                     | 52              |
| Şekil II.17 İşlemci ve Remote I/O Arasındaki Tarama Döngüsü .....                                                                | 53              |
| Şekil II.18 Blok Transfer Okuma İşlemi.....                                                                                      | 54              |

|                     |                                                                                                                          |    |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil II.19</b>  | Blok Transfer Yazma İşlemi .....                                                                                         | 55 |
| <b>Şekil III.1</b>  | DAKS'ın Uygulandığı M:Ü. Teknik Eğitim Fakültesi ve<br>Teknik Bilimler MYO Binalarının Yerleşim Planı .....              | 69 |
| <b>Şekil III.2</b>  | TEF ve TBMYO ait Binalarda Tüm Sistem Elemanlarının<br>Sahadaki Yerleşimi.....                                           | 70 |
| <b>Şekil III.3</b>  | Güneş Pili Montaj Noktası .....                                                                                          | 71 |
| <b>Şekil III.4</b>  | Mikrodenetleyici, Güç ve Arıza Kartlarının Yerleşimi.....                                                                | 72 |
| <b>Şekil III.5</b>  | RIO'da Master Birimi .....                                                                                               | 72 |
| <b>Şekil III.6</b>  | RIO'da Bağdaştırıcı/Slave Birimi .....                                                                                   | 72 |
| <b>Şekil III.7</b>  | DAKS'ın Simülasyon Aşaması .....                                                                                         | 73 |
| <b>Şekil III.8</b>  | DAKS'da Saha Veri Yolu Sistemi, Zeki Kontrol Noktaları ve<br>Cihazların Bloklardaki Dağılımı .....                       | 74 |
| <b>Şekil III.9</b>  | SLC 500/03 İşlemci, Ethernet İletişim Modülü ve<br>Dağınık I/O'ların Bağlantı Sıraları ve Adresleri .....                | 78 |
| <b>Şekil III.10</b> | Akım Transduserinin (a) Bağlantı Şeması (b) Girişi ve Çıkışı<br>Arasındaki Doğrusal Değişim .....                        | 82 |
| <b>Şekil III.11</b> | Haberleşme Yazılımı RSLinx'in Uyumlu Çalıştığı Ortamlar .....                                                            | 84 |
| <b>Şekil III.12</b> | Uzman Sistem Destekli Gözetimli Denetim ve Veri Toplama<br>Sistemi ile Dış Aydınlatma Kontrolü Genel Blok Diyagramı..... | 85 |
| <b>Şekil III.13</b> | Merkezi Gerçek Zamanlı US için Kullanılan US Ekranı.....                                                                 | 88 |
| <b>Şekil III.14</b> | Gerçek Zamanlı Kontrol ve İzleme Uzman Sistemin<br>Blok Diyagramı .....                                                  | 89 |
| <b>Şekil III.15</b> | GEZKİ için US'da İzleme Kısımının Ağ Yapısı.....                                                                         | 96 |
| <b>Şekil III.16</b> | GEZKİ için US'da Kontrol Kısımının Ağ Yapısı .....                                                                       | 97 |

|                     |                                                              |     |
|---------------------|--------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil III.17</b> | Gerçek Zamanlı Lamba Arıza Teşhis Uzman Sistem               |     |
|                     | Blok Diyagramı .....                                         | 98  |
| <b>Şekil III.18</b> | GEZLAT için US'da Ağ Yapısı .....                            | 102 |
| <b>Şekil III.19</b> | Gerçek Zamanlı Hat Arıza Teşhis Uzman Sistem                 |     |
|                     | Blok Diyagramı .....                                         | 104 |
| <b>Şekil III.20</b> | GEZHAT için US'da Ağ Yapısı .....                            | 108 |
| <b>Şekil III.21</b> | Gerçek Zamanlı Yük Tahmini Uzman Sistem Blok Diyagramı ....  | 109 |
| <b>Şekil III.22</b> | GEZYÜT için US'da Ağ Yapısı .....                            | 115 |
| <b>Şekil III.23</b> | Aydınlık Düzeyi ve Analog Gerilim Arasındaki Değişim .....   | 119 |
| <b>Şekil III.24</b> | Zeki Kontrol Noktası Uzman Sistem Blok Diyagramı .....       | 122 |
| <b>Şekil III.25</b> | US Tabanlı Mikrodenetleyicinin Basit Donanım Düzenegi.....   | 124 |
| <b>Şekil III.26</b> | ZKN için US'da Ağ Yapısı .....                               | 128 |
| <b>Şekil IV.1</b>   | Lamba Gruplarının Devreye Alındığı ve Çıkarıldığı Anlarda    |     |
|                     | Aydınlık Düzeyinin Zamanla Değişimi (30-31.01.2007) .....    | 132 |
| <b>Şekil IV.2</b>   | A Blok SUR Lamba Grubu Akımının Zamana Bağlı Değişimi        |     |
|                     | (30.01.2007-31.01.2007) .....                                | 133 |
| <b>Şekil IV.3</b>   | Klasik Sistem ve GEZKİ'de Tüketilen Enerji Miktarının        |     |
|                     | Zamanla Değişimi (30.01.2007-31.01.2007) .....               | 133 |
| <b>Şekil IV.4</b>   | Lamba Gruplarının Devreye Alındığı ve Çıkarıldığı Anlarda    |     |
|                     | Aydınlık Düzeyinin Zamanla Değişimi (31.01-01.02.2007) ..... | 134 |
| <b>Şekil IV.5</b>   | A Blok SUR Lamba Grubu Akımının Zamana Bağlı Değişimi        |     |
|                     | (31.01.2007-01.02.2007) .....                                | 135 |
| <b>Şekil IV.6</b>   | Klasik Sistem ve GEZKİ'de Tüketilen Enerji Miktarının        |     |
|                     | Zamanla Değişimi (31.01.2007-01.02.2007) .....               | 136 |



|                    |                                                                                                                        |     |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil IV.7</b>  | Lamba Gruplarının Devreye Alındığı ve Çıkarıldığı Anlarda<br>Aydınlık Düzeyinin Zamanla Değişimi (01-02.02.2007) ..... | 136 |
| <b>Şekil IV.8</b>  | A Blok SUR Lamba Grubu Akımının Zamana Bağlı Değişimi<br>(01.02.2007-02.02.2007) .....                                 | 136 |
| <b>Şekil IV.9</b>  | Klasik Sistem ve GEZKİ’de Tüketilen Enerji Miktarının<br>Zamanla Değişimi (01.02.2007-02.02.2007) .....                | 137 |
| <b>Şekil IV.10</b> | Lamba Gruplarının Devreye Alındığı ve Çıkarıldığı Anlarda<br>Aydınlık Düzeyinin Zamanla Değişimi (02-03.02.2007) ..... | 138 |
| <b>Şekil IV.11</b> | A Blok SUR Lamba Grubu Akımının Zamana Bağlı Değişimi<br>(02.02.2007-03.02.2007) .....                                 | 138 |
| <b>Şekil IV.12</b> | Klasik Sistem ve GEZKİ’de Tüketilen Enerji Miktarının<br>Zamanla Değişimi (02.02.2007-03.02.2007) .....                | 139 |
| <b>Şekil IV.13</b> | Lamba Gruplarının Devreye Alındığı ve Çıkarıldığı Anlarda<br>Aydınlık Düzeyinin Zamanla Değişimi (03-04.02.2007) ..... | 140 |
| <b>Şekil IV.14</b> | A Blok SUR Lamba Grubu Akımının Zamana Bağlı Değişimi<br>(03.02.2007-04.02.2007) .....                                 | 140 |
| <b>Şekil IV.15</b> | Klasik Sistem ve GEZKİ’de Tüketilen Enerji Miktarının<br>Zamanla Değişimi (03.02.2007-04.02.2007) .....                | 141 |
| <b>Şekil IV.16</b> | Lamba Gruplarının Devreye Alındığı ve Çıkarıldığı Anlarda<br>Aydınlık Düzeyinin Zamanla Değişimi (04-05.02.2007) ..... | 142 |
| <b>Şekil IV.17</b> | A Blok SUR Lamba Grubu Akımının Zamana Bağlı Değişimi<br>(04.02.2007-05.02.2007) .....                                 | 142 |
| <b>Şekil IV.18</b> | Klasik Sistem ve GEZKİ’de Tüketilen Enerji Miktarının<br>Zamanla Değişimi (04.02.2007-05.02.2007) .....                | 143 |

|                    |                                                           |     |
|--------------------|-----------------------------------------------------------|-----|
| <b>Şekil IV.19</b> | Lamba Gruplarının Devreye Alındığı ve Çıkarıldığı Anlarda |     |
|                    | Aydınlık Düzeyinin Zamanla Değişimi (05-06.02.2007) ..... | 144 |
| <b>Şekil IV.20</b> | A Blok SUR Lamba Grubu Akımının Zamana Bağlı Değişimi     |     |
|                    | (05.02.2007-06.02.2007) .....                             | 144 |
| <b>Şekil IV.21</b> | Klasik Sistem ve GEZKİ’de Tüketilen Enerji Miktarının     |     |
|                    | Zamanla Değişimi (05.02.2007-06.02.2007) .....            | 145 |
| <b>Şekil IV.22</b> | Klasik Sistem ve GEZKİ’de Yedi Günlük Tüketilen           |     |
|                    | Enerji Miktarları .....                                   | 145 |
| <b>Şekil IV.23</b> | Aktif Durumda Merkezi Gerçek Zamanlı                      |     |
|                    | Uzman Sistem Ekranı .....                                 | 148 |
| <b>Şekil IV.24</b> | Aydınlatma Sistemlerinde Altı Yıllık Tahmini              |     |
|                    | Toplam Maliyetin Değişimi .....                           | 151 |
| <b>Şekil IV.25</b> | Ön Tahmin Yolu ile Lamba Güçlerinin Belirlenmesi ve       |     |
|                    | GEZYÜT Çıkarım Sonuçlarına göre GEZLAT Fonksiyonu .....   | 152 |
| <b>Şekil IV.26</b> | GEZYÜT’de Kullanıcının Listedен Düşük Güç Seçmesi ve      |     |
|                    | GEZYÜT Çıkarım Sonuçlarına göre GEZLAT Fonksiyonu .....   | 153 |
| <b>Şekil IV.27</b> | GEZYÜT’de Kullanıcının Listedен Yüksek Güç Seçmesi ve     |     |
|                    | GEZYÜT Çıkarım Sonuçlarına göre GEZLAT Fonksiyonu .....   | 154 |
| <b>Şekil IV.28</b> | A Blok SUR Lamba Grubu Ölçülen Faz Akımı Sıfır Olması     |     |
|                    | Durumunda GEZLAT Fonksiyonu .....                         | 154 |
| <b>Şekil IV.29</b> | E Bloкта Hat Arızasında GEZHAT Fonksiyonu .....           | 155 |
| <b>Şekil IV.30</b> | GEZLAT ve GEZHAT Fonksiyonlarında Uyumluluk .....         | 156 |
| <b>Şekil IV.31</b> | GEZHAT’da A blok 3 Faz, E Blok 2 Faz Arıza ve GEZLAT      |     |
|                    | Fonksiyonu ile Uyumluluk .....                            | 156 |

**Şekil IV.32** ZKN ve Klasik Sistemde Yedi Günlük

Tüketilen Enerji Miktarları.....158

**Şekil IV.33** US Tabanlı ZKN ve Klasik Sistemde Altı Yıllık Tahmini

Toplam Maliyetin Değişimi .....160

**Şekil B.1** Lamba Grupları Hat Arızası Tespit Devresi.....179

**Şekil B.2** US Tabanlı Zeki Kontrol Noktası Mikrodenetleyici Devresi .....180

**Şekil B.3** Lamba Grupları Sürücü Devresi.....181

**Şekil C.1** A-Blok Kontrol Panosu İç Yerleşim Planı .....182

**Şekil C.2** A-Blok Bağdaştırıcı/Slave ve Dağınmık I/O Bağlantıları.....183

**Şekil C.3** A-Blok Kontrol Panosu Klemens ve Kart Bağlantıları.....184

# TABLO LİSTESİ

|                                                                                                                                       | <u>SAYFA NO</u> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| <b>Tablo I.1</b> Dış Aydınlatmada Belirli Noktalarda Tavsiye Edilen<br>Aydınlık Düzeyleri.....                                        | 3               |
| <b>Tablo II.1</b> İleriye ve Geriye Doğru Zincirlemenin Özellikleri.....                                                              | 29              |
| <b>Tablo II.2</b> PLC ile RTU Sistemleri Arasındaki Temel Farklılıklar.....                                                           | 40              |
| <b>Tablo II.3</b> Remote I/O Haberleşme Mesafeleri ve Haberleşme Hızları.....                                                         | 51              |
| <b>Tablo III.1</b> 1793-OW4 Modülüne Bağlanabilecek Güç Değerleri.....                                                                | 77              |
| <b>Tablo III.2</b> 1793-IE4 Analog Modül Okuma Belleği.....                                                                           | 79              |
| <b>Tablo III.3</b> 1793-IE4 Analog Modül Yazma Belleği.....                                                                           | 79              |
| <b>Tablo III.4</b> 1793-IE4 Analog Modülün Girişlerindeki Analog Sinyalin<br>Büyükliğünün Belirlenmesi.....                           | 79              |
| <b>Tablo III.5</b> Analog Giriş Sinyallerinin Değer Tablosu.....                                                                      | 80              |
| <b>Tablo III.6</b> GEZKİ US Ekranındaki Güvenilirlik Katsayıları.....                                                                 | 98              |
| <b>Tablo III.7</b> GEZLAT US Ekranındaki Güvenilirlik Katsayıları.....                                                                | 103             |
| <b>Tablo III.8</b> GEZHAT US Ekranındaki Güvenilirlik Katsayıları.....                                                                | 107             |
| <b>Tablo III.9</b> GEZYÜT US Ekranındaki Güvenilirlik Katsayıları.....                                                                | 114             |
| <b>Tablo III.10</b> Analog Gerilim ile Aydınlatma Düzeyi Arasındaki İlişki.....                                                       | 120             |
| <b>Tablo IV.1</b> Marmara Üniversitesi Göztepe Yerleşkesinde Farklı<br>Yerlerdeki Dış Aydınlatma Sistemlerinin Çalışma Zamanları..... | 130             |
| <b>Tablo IV.2</b> MEGZUS GEZKİ Fonksiyonu Uygulama Sonuçları.....                                                                     | 131             |

|                    |                                                                                                                                                    |     |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tablo IV.3</b>  | GEZKİ Fonksiyonunda 23 ve HR Lamba Gruplarının SUR Lamba Grubu ile Birlikte Çalıştığı Durumda, Klasik Sistem Çalışma Şekli ile Karşılaştırma ..... | 146 |
| <b>Tablo IV.4</b>  | GEZKİ Fonksiyonunda 23 Lamba Grubunun SUR Lamba Grubu ile Birlikte Çalıştığı Durumda, Klasik Sistem Çalışma Şekli ile Karşılaştırma .....          | 147 |
| <b>Tablo IV.5</b>  | MEGSUZ GEZKİ Fonksiyonu Uygulaması ile Klasik Sistem Elektrik Enerjisi Tüketim Bedellerinin Karşılaştırılması .....                                | 149 |
| <b>Tablo IV.6</b>  | Aydınlatma Sistemlerinin Tahmini Yıllık Tüketim Bedeli ve Yıllık Değişim-Bakım Maliyeti .....                                                      | 150 |
| <b>Tablo IV.7</b>  | Aydınlatma Sistemlerinin Tahmini Altı Yıllık Toplam Maliyeti .....                                                                                 | 151 |
| <b>Tablo IV.8</b>  | ZKN Uygulaması Esnasında Farklı Yerlerdeki Dış Aydınlatma Sistemlerinin Çalışma Zamanları .....                                                    | 157 |
| <b>Tablo IV.9</b>  | US Tabanlı ZKN Sonuçları .....                                                                                                                     | 158 |
| <b>Tablo IV.10</b> | US Tabanlı ZKN Uygulaması ile Klasik Sistem Arasında Elektrik Enerjisi Tüketim Bedellerinin Karşılaştırılması .....                                | 159 |
| <b>Tablo IV.11</b> | US Tabanlı ZKN ve Klasik Sistemde Tahmini Yıllık Tüketim Bedeli ve Yıllık Değişim-Bakım Maliyeti .....                                             | 159 |
| <b>Tablo IV.12</b> | US Tabanlı ZKN ve Klasik Sistem için Tahmini Altı Yıllık Toplam Maliyet .....                                                                      | 160 |
| <b>Tablo A.1</b>   | PLC'nin Ana Kasasının D-Bloktaki Giriş/Çıkış Adresleri .....                                                                                       | 176 |
| <b>Tablo A.2</b>   | A-Bloktaki Dağınık I/O'ların Giriş/Çıkış Adresleri .....                                                                                           | 177 |
| <b>Tablo A.3</b>   | B-Bloktaki Dağınık I/O'ların Giriş/Çıkış Adresleri .....                                                                                           | 177 |
| <b>Tablo A.4</b>   | E-Bloktaki Dağınık I/O'ların Giriş/Çıkış Adresleri .....                                                                                           | 177 |

|                  |                                                         |     |
|------------------|---------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tablo A.5</b> | C-Bloktaki Dağılık I/O'ların Giriş/Çıkış Adresleri..... | 178 |
| <b>Tablo C.1</b> | A-Blok Kontrol Panosu Klemens Bağlantı Uçları .....     | 185 |

# BÖLÜM I

## GİRİŞ VE AMAÇ

### I.1. GİRİŞ

Günümüzde tüketilen farklı enerji türleri içinde elektrik enerjisi en yaygın kullanılan ve talebi hızla artan enerji türüdür. Artan talebi karşılamak için yeni santraller kurulmaktadır. Alternatif enerji kaynaklarının payının artırılması yönünde çalışmalar yapılmakta ve bu çalışmalar için büyük miktarlarda mali kaynaklar aktarılmaktadır. Yatırımlarla birlikte, tüketilen enerjinin verimli kullanımı yönünde gerekli adımlarında yaygınlaştırılması gerekir.

Enerjinin verimli kullanımı ve enerji kalitesi veya kalitesizliğinin ekonomik boyutu olan alanlar olduğu bilinmektedir. Ülkemizde yapılan araştırmalar, binalarda (konut+hizmet) %30-50, özellikle enerjinin yoğun kullanıldığı sanayide ise %25-30'lara varan enerji tasarruf potansiyelinin olduğunu göstermektedir. Bir gelişmişlik göstergesi olan kişi başı tüketilen enerji miktarı, artık tek başına bir gösterge olarak kabul görmemektedir. Enerjinin verimli kullanımının bir göstergesi olan “Enerji Yoğunluğu” yani GSYH (Gayri Safi Yurtiçi Hasıla) başına tüketilen birincil enerji miktarı en önemli gösterge olmuştur. OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) ülkelerinin ortalaması 0.19 iken ülkemizde bu oran 0.38'dir. Bu durum, enerjiyi OECD ülkelerine göre iki kat daha verimsiz kullandığımızın bir göstergesidir [1]. Oran dikkate alınırsa enerjinin kullanıldığı alanlarda ulusal seviyede tasarruflu kullanım için farklı yöntemlerin uygulamada yaygınlaşması gerekmektedir. Bu amaçla 22.Şubat.2007 tarihinde 5584 sayılı

“Enerji Verimliliği Kanunu” çıkarılmıştır. Kanunun amacı; enerjinin etkin kullanılması, israfın önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin artırılmasıdır. Bu kanun ile enerjinin verimliliğini artırılması amacıyla uygulanacak yöntemlere, eğitim, bilinçlendirme faaliyetlerine ve enerji verimliliğini artıran projelere destek verilmektedir.

Bu bağlamda, hem bireysel hem de kurumsal olarak geniş bir katılımıla elektrik enerjisinin daha verimli kullanılabileceği alanlardan birisi aydınlatmadır. Türkiye’de aydınlatmanın tüketimindeki payı konusunda sokak aydınlatmasının dışında resmi veri bulunmamaktadır. Tahmini olarak iç aydınlatmanın payının meskenlerde yaklaşık %20 olarak kabul edilmektedir [2]. Ticari binalar için yapılan bir çalışmada aydınlatmanın payının %7-27 arasında değişmektedir [3]. Aydınlatmada;

- Amacına uygun elemanlar seçerek,
- Aynı işi yapabilecek ve daha az enerji harcayabilecek lambalar kullanarak,
- Gün ışığında daha fazla yararlanarak,
- Kontrol ve izleme sistemleri kullanarak,

elektrik enerjisi tüketiminde, binalarda (konut+hizmet) azımsanmayacak oranda tasarruf elde edilebilir. Bu yöntemler içerisinde en önemlilerden biri aydınlatmanın kontrolüdür. Kontrolsüz bir aydınlatma sisteminde enerji tasarrufunda başarıya ulaşmak oldukça güçtür.

Aydınlatmada kontrol ve izlemenin önemine binaen enerji verimliliğine katkıda bulunmak için yeterince özen gösterilmeyen dış aydınlatmanın kontrolü ve izlenmesi için zeki bir sistem gerçekleştirmek amaçlanmıştır.

## **I.2. AYDINLATMANIN TANIMI**

Aydınlatma; çevre ve nesnelerin en iyi şekilde görülebilmesi amacıyla gerekli aydınlık düzeyinin sağlanmasıdır. Aydınlatma; öncelikle kişilerin asgari fizyolojik görme ihtiyacına cevap veren, ekonomik koşullar altında görme konforunu ve iş verimini yükseltmeye çalışan ve mimarlıkta hacim ve yüzeylerin mimari özelliklerini vurgulamayı amaç edinen özel bir teknik haline gelmiştir. Aydınlatmanın hayatımızdaki bu yerinden dolayı, bu tekniğin bir ülkedeki önem derecesi, bu ülkenin



yaşam standardının bir ölçüsü olarak kabul edilebilir konuma gelmiştir [4].

Amaçları bakımından aydınlatma; fizyolojik, dekoratif, gösteri amaçlı aydınlatma olmak üzere üç başlık altında incelenebilir. Aydınlatma ışığın kökenine göre doğal ve yapay aydınlatma olmak üzere ikiye, aydınlatılan yerin cinsine göre de iç ve dış aydınlatma olmak üzere ikiye ayrılır [4].

Doğal aydınlatma; gün ışığının en uygun şekilde dağıtılması ve faydalanılması ile uğraşır. Yapay aydınlatma; elektrikli ışık kaynaklarının kullanımıyla temin edilir. İç aydınlatma; kapalı yerlerin aydınlatması olup, bu aydınlatma türünde tavan ve duvarlar yansıtma yolu ile çalışma düzlemine ışık göndererek çalışma düzleminin aydınlatılmasına katkıda bulunurlar. Dış aydınlatma; bina dışı-çevresi ve açık alanlardan faydalanılması ve gösteri amaçlı aydınlatılmasıdır. Aydınlatılacak yüzey genelde ışık kaynaklarından gelen direkt ışıklar tarafından aydınlatılır. Yol, meydan, binaların dış yüzeyleri ve çevreleri, spor sahaları, gar, rıhtım ve benzeri yerlerin aydınlatılması bu sınıfa girer [4,5].

Dış aydınlatma yapılırken aydınlatma sahasında kullanılacak elemanların seçiminde aşağıdaki adımlar dikkate almak gerekir [5].

- Dekoratif aydınlatma talebini belirlemek,
- Aydınlatılacak alanın sınırları, çalışma zamanı, güç limitlerini dikkate almak,
- Armatürlerin bağlanacağı bölgeyi belirlemek,
- Standartlara uygun olarak aydınlık düzeyi seviyesini saptamak,
- Uygun ekipmanları seçmek (lambalar, armatür, kontrol elemanı),
- Lamba sayısı ve konumlarını belirlemek,
- Bakım programına karar vermek.

Dış aydınlatmada belirli noktalarda tavsiye edilen aydınlık düzeyleri Tablo I.1’de verilmektedir [5]. Bu tavsiyeler doğrultusunda çalışmamızda aşağıdaki değerler sağlanmıştır.

**Tablo I.1 Dış Aydınlatmada Belirli Noktalarda Tavsiye Edilen Aydınlık Düzeyleri**

| Bina dış aydınlatma bölgesi                        | Aydınlık Düzeyi (Lux) |
|----------------------------------------------------|-----------------------|
| Aktif giriş yerleri                                | 50                    |
| Pasif giriş yerleri (çok sık kullanılmayan yerler) | 10                    |
| Güvenlik için önemli noktalar                      | 50                    |
| Bina çevresi                                       | 10                    |

### I.3. AYDINLATMANIN KONTROLÜ

Günümüzde iş yerleri, çağın tüm teknolojik ve mimari uygulamalarını taşıyan plazalar, şehirlerin en yüksek binaları olmuştur. Bu binalarda tüketilen elektrik enerjisinde aydınlatmanın payı aynı oranda büyümüş ve maliyetlere yansımıştır. Çalışma ortamında insan sağlığı üzerindeki etkisi ve artan maliyetler, daha verimli kullanımı için aydınlatma üzerine yapılan çalışmaların sayısını arttırmıştır. Aydınlatmada, enerjinin tasarruflu kullanımında iki konu önem kazanmıştır. Birincisi, doğru aydınlatma tekniğini uygulayarak amacına uygun ışık kaynakları ve armatürler kullanmak, diğeri ise oluşturulan aydınlatma tasarımını enerji tasarrufuna yönelik kontrol etmek. Aydınlatmanın kontrolünde AKS (Aydınlatma kontrol sistemi); teknolojik gelişmelere paralel, aydınlatma kontrolünün bina otomasyonuna bağlı olarak yapılabilmesini ve bu uygulama ile enerjiden önemli ölçüde tasarruf edilmesini sağlamaktadır [6].

Aydınlatma teknolojisi üzerine profesyonel çalışan firma sayısının artması, iç aydınlatmada bina otomasyonuna bağlı veya bağımsız çalışan AKS kullanımı sayısı artırmıştır. İç aydınlatma kullanılan AKS'lerin belli başlı örnekleri aşağıda verilmiştir:

- Siemens tarafından geliştirilen *Instabus* bina otomasyon sistemi içinde aydınlatmanın kontrolü [7],
- Lumina tarafından geliştirilen *Luxmate* AKS [8],
- Philips tarafında geliştirilen AKS'ler: *LightMaster100*, *WireMaster8000* [9],
- Polaron tarafından geliştirilen *Polaron* AKS [10].

Binaların dış aydınlatmasında ise özellikle ışık kaynakları ve armatürler üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Dış aydınlatmanın kontrolü üzerine yapılmış sistemlerde, lambaların kontrolünde temelde üç yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; dış ortamın aydınlık düzeyine bağlı olarak lambaların kontrolü (fotosel), modüler zaman saatleri kullanılarak lambaların kontrolü, hareket sensörleri ve şalter (pako şalter, kompakt şalter, anahtar) kullanılarak lambaların kontrolü. Bu üç yöntemde enerji tasarrufu için yeterli değildir. Lambaların kontrolünde kullanılan bu yöntemlerin dezavantajlarını aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

- Genellikle elektrik enerjisi tüketiminin yüksek olması; modüler zaman saatlerinin sürekli ayarlanmaması ve fotosel kullanımında ayar sahasının sınırlı olması,
- Güvenlik açısından tehlike oluşturmaması,
- Sistemdeki arızalara zamanında müdahale edilememesi,
- Tüketilen enerji için gerekli raporların alınamaması,
- Esnek olmayan yapıya sahip olması,
- Belli bir merkezden kontrolü ve izlenmesi zorluğu,
- Haberleşme teknolojisinin kullanılmaması,
- Bina yönetim sistemlerine entegre olmaması.

#### **I.4. ÇALIŞMANIN AMACI**

Dış aydınlatmada, elektrik enerjisinin maliyet açısından daha verimli kullanımını sağlamak ve yukarıda sayılan dezavantajları ortadan kaldırmak için gözetim, analiz ve kontrol işlemlerini zeki bir biçimde gerçekleştirecek DAKS'ın (Dış Aydınlatma Kontrol Sistemi) kurulmasının gerekliliği vardır.

Bu çalışmada, zeki bir DAKS'ın, işlemlerini yerine getirmek için bilgisayar ve mikrodenetleyici tabanlı olarak iki farklı ortamda gerçek zamanlı çalışan US (Uzman Sistem) gerçekleştirilmiştir. US, yaygın olarak kullanılan yapay zeka tekniklerinden biridir.

Bilgisayar ortamında, HMI yazılım paketinde aşağıda sayılan amaçları gerçekleştirmek için yazılan uzman sisteme, MEGZUS (Merkezi Gerçek Zamanlı Uzman Sistem) adı verilmiştir. MEGZUS, aydınlatma kontrol sahasının geniş olması sebebiyle kullanılan saha veri yolu (Fieldbus) ve veri yoluna bağlı programlanabilir kontrolörün arayüzlerini kullanarak Ethernet üzerinden dört farklı fonksiyonu yürütmek için gerçekleştirilmiştir. DAKS'da, URIO (Universal Remote Input/Output) olarak isimlendirilen saha veri yolu standardı kullanılmıştır. MEGZUS'da gerçekleştirilen dört fonksiyonun amaçları aşağıda verilmiştir.

- Gün ışığı, gerçek zaman ve harekete bağlı olarak lamba gruplarının en uygun zaman diliminde devreye girmesini ve çıkmasını yani enerji tüketimini en uygun düzeyde tutulmasını sağlamak. Lamba gruplarının devrede olup olmadığını izlemek

- Dış aydınlatma sistemindeki lamba gruplarının bağlı olduğu hatlardaki arızaları teşhis etmek.
- Dış aydınlatmada bir lamba grubundaki lamba arızalarını teşhis etmek.
- Dış aydınlatmada tek hat üzerinde bağlı bulunun yük değerini tahmin etmek.

Mikrodenetleyici ortamında, aşağıda verilen amacı gerçekleştirmek için yazılan uzman sistemin kullanıldığı noktalara, *uzman sistem tabanlı zeki kontrol noktası* adı verilmiştir. Mikrodenetleyici tabanlı US'un amacı:

- Gerçek zaman ve harekete bağlı olarak lamba gruplarının en uygun zaman diliminde devreye girmesini ve çıkmasını yani enerji tüketimini en uygun düzeyde tutulmasını sağlamak.

MEGZUS'un yukarıda sayılan ilk amacındaki işlemleri, benzer şekilde gerçekleştiren mikrodenetleyici tabanlı sistemin kurulmasındaki neden aşağıda belirtilmiştir:

- DAKS'da, merkezi kontrol yapısını sahip URIO standardı üzerinde oluşabilecek arıza/arızalar veya veri yolu üzerindeki cihazların devre dışı edilme durumlarında, sinyalin kesildiği blok/bloklarda MEGZUS'un fonksiyonları gerçekleştirilemez. Bu durumda, dış aydınlatmada sürekliliği sağlamak için, binaların her bloğunda mikrodenetleyici kullanılarak, merkezden bağımsız kontrol eden uzman sistem tabanlı zeki kontrol noktaları kurulmuştur.

Mikrodenetleyici hafızasına, US'un kuralları yazılmıştır.

Gerçekleştirilen DAKS, Marmara Üniversitesi Göztepe Yerleşkesinde Teknik Eğitim Fakültesi ve Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu binalarının dış aydınlatmasına uygulanmış ve performansı izlenmiştir.

Bu çalışma, beş bölümden oluşmuştur.

Bölüm II'de, DAKS'ı oluşturan; yapay zekâ tekniklerinden US, gözetimli denetim ve veri toplama sistemi, saha veri yolları (fieldbus) anlatılmıştır. Ayrıca ele alınan konulara ilişkin geçmişte yapılan çalışmalar irdelenmiştir.

Bölüm III'de, gerçekleştirilen uzman sistem destekli gözetimli denetim ve veri toplama sistemi ile dış aydınlatmanın kontrolü uygulama aşaması anlatılmıştır. DAKS'ın kurulum aşamaları, DAKS'ın genel yapısı, merkezi gerçek zamanlı US ve

US tabanlı zeki kontrol noktası açıklanmıştır.

Bölüm IV’de, merkezi gerçek zamanlı US ve US tabanlı zeki kontrol noktası üzerinde gerçekleştirilen uygulamaların sonuçları verilmiştir.

Bölüm V’de, elde edilen sonuçların irdelenmesi ve DAKS’ın üzerinde yapılabilecek çalışmalar anlatılmıştır.

## BÖLÜM II

### AYDINLATMA KONTROL SİSTEMİ VE YAPAY ZEKÂ

Bu bölümde, DAKS'ı oluşturan; yapay zekâ tekniklerinden US, gözetimli denetim ve veri toplama sistemi, saha veri yolları (fieldbus) anlatılmış ve mevcut AKS'lerin (Aydınlatma Kontrol Sistemi) yapısı hakkında kısa açıklamalar yapılmıştır. Ayrıca ele alınan konulara ilişkin geçmişte yapılan çalışmalar irdelenmiştir.

DAKS'ı oluşturan yapı anlatılmadan önce iç ve dış aydınlatmada enerjinin verimli kullanımı için tasarlanan AKS'leri hakkında kısa bir bilgi verilecektir. İç aydınlatma verimli enerji kullanımı sağlayan AKS'lerin yapısındaki kontrol elemanları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Hat anahtarı: Her bir anahtar bir aydınlatma devresini kontrol eder.
- Merkezi kontrol anahtarları: Uzun süreli ve ortak kullanılan alanlarda lamba gruplarının devreye alınması ve çıkarılması için kullanılır.
- Zaman saatli kontrol sistemi: Zamana bağlı lamba gruplarının devreye alınması ve çıkarılması için kullanılır.
- Bilgisayar ile kontrol: Bağımsız çalışan veya bina otomasyonu ile bütünleşerek akıllı bina uygulamalarında yaygın olarak kullanılan sistemler.
- Kızılötesi aydınlatma kontrol sensörü: İnsan vücudunu veya hareketi algılar. Hassasiyeti yüksektir. Özellikle kapalı ofisler ve yüksek tavanlı

odalarda tercih edilir. Lamba gruplarının devreye alınması ve çıkarılması için kullanılır.

- Ultrasonik kontrol sensörleri: Açık ofisler, dinlenme odaları ve geniş alanlarda harekete bağlı lamba gruplarının devreye alınmasını ve devreden çıkarılmasını sağlamak için kullanılabilir.
- Kızılötesi+Ultrasonik kontrol sensörleri: Bilgisayar odaları, geniş konferans salonları ve sınıflarda, lamba gruplarının devreye alınması ve çıkarılması için ideal bir çözümdür.
- Kart okuyuculu kontrol sistemi: PC tabanlıdır. Kişiye özel aydınlatma sağlar.
- Sürekli kontrol sistemi: Dimmer kullanarak aydınlatma kontrolü [8].

Günümüzde verimli enerji kullanımı sağlayan dış aydınlatma sistemlerinde, lambaların kontrolünde üç yöntem kullanılmaktadır. Bunlar; dış ortamın aydınlık düzeyine bağlı olarak lambaların kontrolü (fotosel), modüler zaman saatleri kullanılarak lambaların kontrolü, hareket sensörleri, şalter (pako şalter, kompakt şalter) kullanılarak lambaların kontrolü. Lambaların kontrolünde kullanılan bu yöntemlerin dezavantajları Bölüm I de açıklanmıştır.

İç aydınlatmada bir çok farklı yöntemle enerjinin verimli kullanımı için yapılan çalışmalara rağmen dış aydınlatmada aynı düzeyde yeterli çalışma görülmemektedir. Bu çalışmada, mevcut dış aydınlatma kontrol sistemlerine alternatif olarak geliştirilen; lamba gruplarının kontrolü, izlenmesi ve arıza teşhis işlemlerini zeki olarak gerçekleştiren DAKS, iki temel bileşenden oluşmuştur. Bunlar:

- 1) Gözetimli denetim ve veri toplama sistemi; bir tesise veya işletmeye ait tüm ekipmanların kontrolünden üretim planlamasına, çevre kontrol ünitelerinden yardımcı işletmelere kadar tüm birimlerin otomatik kontrolü ve gözetlenmesi sağlar. Gerçekleştirilen gözetimli denetim ve veri toplama sisteminde kullanılan elemanların görevleri aşağıda verilmiştir.
  - a. Programlanabilir kontrolör, merkezi gerçek zamanlı US'da arayüz elemanı ve kontrol işlemlerini desteklemek için kullanılır.
  - b. Aydınlatma sahasının geniş olması ve programlanabilir kontrolörün giriş/çıkış kartlarına giriş/çıkış sinyallerinin paralel kablolarla taşıma zorluğu nedeniyle aydınlatma sahasının dört

noktasına modüller yerleştirilmiş ve modüllerin merkez noktasındaki programlanabilir kontrolör ile haberleşmesi için endüstriyel iletişim ağlarından URIO standardı kullanılmıştır.

- c. HMI (Human Machine Interface-İnsan Makine Arayüz) yazılım paketi ile aydınlatma sahası, ekranlar üzerinde nesneler yardımıyla oluşturulmuştur. Ekranlar yardımıyla DAKS'ın kontrolü ve izlenmesi sağlanmıştır.

2) Bölüm I'de amaçları açıklanan DAKS'a zeki özeliğini kazandıran, iki farklı ortamda gerçekleştirilen uzman sistem;

- a. MEGZUS (Merkezi Gerçek Zamanlı Uzman Sistem), gözetimli denetim ve veri toplama sistemi içinde, Allen Bradley firmasının RSView32 olarak isimlendirilen HMI yazılım paketindeki yazılım kodları tasarlanmıştır. MEGZUS kapsamında, dört farklı alanda US tasarlanmıştır. Bu fonksiyonlar aşağıda verilmiştir:

- Gerçek zamanlı kontrol ve izleme. Gün ışığı, gerçek zaman ve harekete bağlı olarak lamba gruplarının en uygun zaman diliminde devreye girmesini ve çıkmasını yani enerji tüketimini en uygun düzeyde tutulmasını sağlamak. Lamba gruplarının devrede olup olmadığını izlemek.
- Gerçek zamanlı lamba arıza teşhis. Dış aydınlatmada bir lamba grubundaki lamba arızalarını teşhis etmek.
- Gerçek zamanlı lamba hat arıza teşhis. Dış aydınlatma sistemindeki lamba gruplarının bağlı olduğu hatlardaki arızaları teşhis etmek.
- Gerçek zamanlı yük tahmini. Dış aydınlatmada tek hat üzerinde bağlı bulunan yük değerini tahmin etmek.

- b. DAKS'da, merkezi kontrol yapısını sahip URIO standardı üzerinde oluşabilecek arıza/arızalar veya veri yolu üzerindeki cihazların devre dışı edilme durumlarında, sinyalin kesildiği blok/bloklarda MEGZUS'un fonksiyonları gerçekleştirilemez. Bu durumda, dış aydınlatmanın kontrolünde sürekliliği



sağlamak için mikrodenetleyici kullanılarak gerçekleştirilen US tabanlı zeki kontrol noktaları gerçekleştirilmiştir.

DAKS’da kullanılan yapay zekâ tekniklerinden US’u açıklamadan önce yapay zekâ kavramı açıklanacaktır.

## II.1. YAPAY ZEKÂ

Anlam ve güç arayışı sırasında insanoğlu, bilincin, bilginin ve aklın temellerini ortaya çıkarma konusunda farklı açılımlar gerçekleştirmiştir. Bilişim ve bilgisayar teknolojilerinin ortaya çıkışı ve gerçek güç olan bilginin bu teknolojilere uygulanması süreci yapay zekânın geniş sahalarda uygulanabilirliğini sağlamıştır [12].

İlk başlarda çok basit olarak algılanan düşünme, anlama, öğrenme gibi zihinsel süreçler, bu çabaların başarısızlığından dolayı daha da incelenmiş ve farklı bakış açıları ile açıklanmaya çalışılmıştır [12].

Yapay zekâ adı ilk defa 1956 yılında ABD’de “Makine Zekâsı” konferansında ortaya konmuş bir kavramdır [13]. Yapay zekâ kavramının tanımlanmasında farklı ifadeler kullanılmaktadır. Bu tanımların bazıları aşağıda verilmiştir.

Yapay zekâ, bir bilgisayarın ya da bilgisayar denetimli bir makinenin, genellikle insana özgü nitelikler olduğu varsayılan akıl yürütme, anlam çıkartma, genelleme ve geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi yüksek zihinsel süreçlere ilişkin görevleri yerine getirme yeteneğidir [14]. Yapay zekânın en eski popüler tanımı; insan gibi düşünen bilgisayarların yapılmasıdır [15]. Yapay zekâ; insanların yaptıklarını bilgisayarlarla yaptırabilme çalışmasıdır [14,16].

Genesereth ve Nilsson’a göre yapay zekâ, akıllı davranış üzerine bir çalışmadır. Ana hedefi, doğadaki varlıkların akıllı davranışlarını yapay olarak üretmeyi amaçlayan bir kuramın oluşturulmasıdır [14, 17]. Tesler’e göre ise yapay zekâ; şu ana kadar yapılamayanlardır [14].

Axe göre ise yapay zekâ; akıllı programları hedefleyen bir bilimdir. Bu programlar aşağıdakileri yapabilmelidir [14]:

- İnsanın düşünmesinin taklit ederek karmaşık problemleri çözebilmek.
- Yorumlarını açıklayabilmek, yani bir durum karşısında kişiye yanıt verebilmek.

- Öğrenerek uzmanlığı geliştirmek ve eski bilgilerini yenilerle uyumlu biçimde kullanarak bilgi tabanını genişletmek.

Görüldüğü gibi, verilen her tanım kendi içinde doğru olmasına rağmen, farklılıklar da içermektedir. Ayrıca (şu ana kadar yapılamayanlar) veya (bir akıl teorisinin) daha ayrıntılı açıklanması bizi, yeni kavramların hiyerarşik olarak tanımlanmasına götürmektedir. Bu araştırmaların daha derinden anlaşılabilmesi için, zekânın kendisinin ne olduğunu anlamak gerekmektedir.

Birçok felsefeci ve psikolog tarafından yapay zekâ gibi doğal zekânın da farklı tanımları verilmektedir. Fransız felsefeci Taine'ye göre zekâ; zihinsel hayatı kurmayı amaçlayan bir araçtır [14].

Binet'e göre ise zekâ; insanın sahip olduğu dikkat, bellek, yargılama, akıl yürütme, soyutlama gibi yetiler topluluğudur. Zekâ; bireyin amaçlı bir biçimde hareket edebilme, mantıklı düşünebilme ve çevresine uyum gösterme yetilerinin tamamıdır. Farklı bir tanımda, zekâ; insanın düşünme, akıl yürütme, nesnel gerçekleri algılama, yargılama ve sonuç çıkarma yeteneklerinin tamamıdır [14].

### **II.1.1. Yapay Zekâ Testleri**

Yapay zekâ konusunda yapılan çalışmalara büyük ışık tutan zekâ testlerini de burada kısaca tanıtmakta fayda vardır. Geliştirilen sistemin zeki olup olmadığının anlaşılması için birtakım zekâ testleri geliştirilmiştir [18].

Bir sistemin zekâ kısıntısı içerip içermediğini bulmak için kullanılan ilk testlerden biri Alan Turing'in ortaya koymuş olduğu Turing testidir [18]. Turing, bir makinenin düşünmesi ile ilgili açıklamaların mantıksal olarak mümkün olup olmamasını amaçlamaktaydı. Bu testte; soru soran bir sorgulayıcı ile cevap veren bir taraf bulunmaktadır. Taraflar birbirini görmemekte ve aralarında haberleşme bir bilgisayar terminali ile sağlanmaktadır. Bu testte sorgulayıcı, deneğin bir insan mı yoksa bilgisayar mı olduğunu anlamaya çalışır. Eğer sorgulayıcı karşıdaki tarafın insan mı yoksa bilgisayar mı olduğunu, ayırt edemez ise denek Turing testini geçmiş sayılır. Bunun anlamı bilgisayar zekidir. Turing, testini tanımlarken zekâ için bir insanın fiziksel benzetiminin gereksiz olduğunu düşündüğü için sorgulayıcıyla bilgisayar arasında doğrudan fiziksel temas kaçınmıştır. Bunun sebebi, bilgisayarda zeki davranışı sağlayacak süreçlerin insan beynindeki süreçlerin modellenmesiyle elde edebileceği gibi, tamamen başka prensiplerden hareket edilerek sağlanmasının

da mümkün olmasıdır. Bazı bilim adamları, bu testin geçerliliğini kabul etmemiştir. Bunun sebebi ise sorulacak bir veya birkaç akılcı soruyla deneğin bilgisayar mı yoksa insan mı olduğunun kolaylıkla anlaşılabileceğidir. Mesela 123.121.143.234 ile 323.345.211 çarpım sonucu nedir? Gibi bir soru sorulduğu düşünülürse, bu soruyu bilgisayar hemen cevaplandırabilir. Fakat denek insan ise biraz gecikmeli olarak cevaplandırabilecektir. Buradan da deneğin bilgisayar mı yoksa insan mı olduğu kolaylıkla algılanabilecektir [14]. Turing testini geçmek için ilk program 1967’de Steven Weizenbaum tarafından yazılmıştır [15].

Çin odası (Chinese room) testi en önemlilerinden birisidir. Bu testteki farklılık, sembollerin anlamının da dikkate alınmasını gerektirir. John Searle, bilgisayarların düşünemediğini göstermek için bu deneyi tasarlamıştır. Bu deneyde, kilitli odada bulunduğumuzu ve odada da üzerlerinde Çince yazılar bulunan kutular bulunduğunu düşününüz. Çince bilmiyorsunuz, fakat elinizde Çince yazıları İngilizce olarak açıklayan bir kural kitabı bulunsun. Kurallar Çince’yi tamamen biçimsel olarak, yani söz dizimlerine uygun olarak açıklanmaktadır. Sonra odaya soru olarak başka Çince simgelerin getirilmektedir. Odaya getirilmiş ve sizin tarafınızdan bilinmeyen simgelerin oda dışındakilerce ‘soru’ diye, sizin oda dışına götürmeniz istenen simgelerin ise, ‘soruların yanıtları’ diye adlandırıldığını düşününüz. Siz, kilitli odanın içinde kendi simgelerinizi karşılaştırıyorsunuz ve gelen Çince simgelere yanıt olarak en uygun Çince simgeleri dışarı veriyorsunuz. Dışta bulunan bir gözlemcinin bakışı açısından sanki Çince anlayan insan gibisiniz. Çince anlamanız için en uygun kurallar bile Çince anlamamanızı sağlamıyorsa, bir bilgisayar programının da Çince anlaması olanaklı değildir. Bu durumda, bilgisayarda da insan da olduğu gibi, açıklanmamış Çince simgeleri işleten bir biçimsel program vardır ve bir dili anlamak demek, bazı biçimsel simgeleri bilmek demek değil, zekâyâ sahip olmak demektir [18].

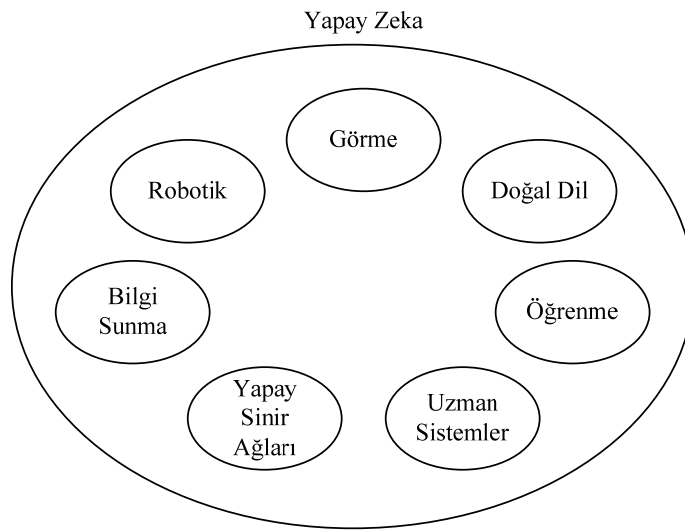
## **II.1.2. Yapay Zekâ Teknikleri**

Günümüzde yapay zekâ birçok dallara ayrılmaktadır. Çoğu zaman yapay zekâ denildiğinde ilk önce uzman sistemler akla gelmektedir. Bunun nedeni uzman sistemlerin yapay zekânın diğer dallarından daha önce geliştirilmeye başlamış olmasından kaynaklanmaktadır [13].

Yapay zekâ teknikleri; uzman sistemler, yapay sinir ağları, sezgisel

algoritmalar (genetik algoritmalar, tabu arama, karınca algoritması, ısıt işlemler, bağışıklık sistemi gibi) ve bulanık mantık olmak üzere gruplandırılırlar [18].

Yapay zekanın ilgilendiği alanlar Şekil II.1’de görölmektedir [15]. Bu alanlar içinde uzman sistemler, yapay zekâ tekniklerinde üzerinde en çok çalışılan ve geniş bir uygulama alanı olan konudur. Bu gün özellikle sayısız başarılı örnekleri vardır. Proses ve ürün tasarımı, montaj, proses seçimi, kalite kontrol, proses planlama, üretim kontrolü, imalat izleme ve kontrol, imalat benzetimi, robotik, ses işleme, görüntü tanıma, enerji yönetimi ve tıp alanında çeşitli uygulamalara rastlanmaktadır [19].



**Şekil II.1 Yapay Zekanın İlgilendiği Bazı Alanlar**

Bu çalışmada yapay zekâ tekniklerinden uzman sistem kullanıldığından sadece bu alanda gerekli teorik bilgi verilecektir.

## **II.2. UZMAN SİSTEM**

US (Uzman Sistem), belirli bir alanda sadece o alan ile ilgili bilgilerle donatılmış ve problemlere o alanda uzman bir kişinin getirdiği şekilde çözümler getirebilen bilgisayar programlarıdır. Buradaki zeki davranış, ilgili uzmanın probleme yaklaşırken oluşturduğu çözüm mekanizmasında yatar [19].

US, veri işlemeden bilgi işlemeye bir geçiş olarak ifade edilebilir. Veri işlemede, veritabanı bir algoritmaya bağlı olarak etkin bir şekilde işlenirken, bilgi işlemede herhangi bir algoritmaya bağlı kalınmadan, örneğin ; tecrübeye dayalı (heuristik) metotla çıkarılmış kurallar ve gerçeklerden oluşan bilgi tabanı etkin bir

şekilde işlenir. Başka bir deyişle, algoritmalar ile sonuç çıkarma mekanizmaları (inference engine) yer değiştirmiştir.

*Geleneksel programlar  $\Rightarrow$  Algoritma + Veritabanı*

*Uzman sistemler  $\Rightarrow$  Çıkarım Mekanizması + Bilgi Tabanı*

US'lar bir uzmanın yapabileceği çeşitli aktiviteleri yapması amacı ile hazırlanmıştır. Bu aktiviteler hastalık teşhisinden bir molekülün yapısının ortaya çıkarılmasına kadar geniş bir yelpazeyi oluşturur. Geleneksel programların tersine US programlarında kesin ve net algoritmalar kullanılmaz. Daha çok tecrübeye dayalı ve kıyaslama gibi yöntemler kullanılır [13].

Genelde US'lar statik ve dinamik olarak ikiye ayrılırlar. Şimdiye kadar tasarlanmış olan US'ların büyük çoğunluğu statik US'lardır. Böyle US'ların bilgi tabanı US'un çalışması boyunca değişmemektedir. Dinamik US'larda ise bilgi tabanı US'un çalışması süresince çeşitli kaynaklardan gelen bilgilere göre değişebilmektedir [13]. Yaptığımız çalışmada, bilgi tabanı US'un çalışması boyunca değişmediğinden, gerçekleştirdiğimiz uzman sistemler statiktir.

### **II.2.1. Uzman Sistemlerin Yararları ve Kullanım Alanları**

US'ların kullanıcılara sağladığı faydalar başlıklar altında sıralanabilir [13]:

*Üretim artışı:* US'lar insan uzmanlardan çok daha hızlı olduğundan dolayı az zamanda daha fazla üretim yapabilme imkanı sağlamakta yani verimliliği artırmaktadır.

*Süreklilik:* Uzman sistemler sürekli ve sürekli aynı kapasite ile kullanılabilir [13,15].

*Maliyeti azaltma:* Her bir kullanım sahası için uzman sistem kurumun giderlerini oldukça azaltır [15].

*Kalite düzeyinin yükselmesi:* US'lar kararlı ve birbirleriyle tutarlı önerilerde bulunurlar. Kararları hızlı “düşünerek” ve acele etmeden verirler. Hata oranların çok düşük olması ve tutarlı karar verebilmesi kalitenin yükselmesine getirmektedir.

*Çalışılmayan sürenin (down-time) azalması:* Pek çok US arızaların teşhisinde ve tamir önerileri vermede kullanılır. Bu fonksiyonun US'larla yapılması araçların boş durmasını önemli ölçüde azaltmaktadır.

*Uzmanlığın yaygınlaştırılması:* Yeterli sayıda uzman olmayan alanlarda US oluşturmak sıkıntıları gidermektedir. Özellikle uzmanların emeklilikten dolayı ve

diğer nedenlerden ortaya çıkan işten ayrılmaların yol açtığı sorunlar azaltılmaktadır. Burada bir US'un kolayca kopyalanarak diğer uygun alanlarda kullanılması olanağı da US'ların yaygınlaştırılabilmesi nedenidir. Oysa yeni bir uzmanın yetiştirilmesi pahalı ve zaman alan bir süreçtir.

*Eğitim verme:* Açıklama yapma özelliği yeterli düzeyde bilgi sahibi olmayan kullanıcılara, karşılaştıkları sorunların çözümleri ile ilgili bilgiler vererek onların eğitimini sağlamaktadır. Bu özellikle öğrencilerin eğitilmesi açısından önemlidir.

*Sağlıklı Öneri Üretimi:* Bazı uzmanlar ne kadar yetenekli olurlarsa olsunlar zaman kısıtlı olduğunda telaşa kapılmakta ve sağlıklı değerlendirme yapma özelliklerini yitirmektedirler. Böylece yanlış sonuçlara varma ihtimalleri artmaktadır. Bu bilgisayar programı için böyle bir durum söz konusu değildir, yani US'lar problem alanlarında çözüme ulaşmak için verimli bir şekilde araştırma yeteneğine sahip olmaktadırlar.

*Güvenilirlik:* US'lar ihmal etmeden bütün detayları inceledikleri için güvenilir sistemlerdir.

*Tam ve kesin olmayan bilgiyle çalışabilme özelliği:* Diğer bilgisayar programlarından farklı olarak US'lar aynı insan uzmanlar gibi soru sorma aşamasında aldıkları cevapların “bilmiyorum”, “emin değilim” gibi olması halinde de sonuç üretebilirler. Hatta kullanıcının olasılıklı cevapları karşısında olasılıklı önerilerde bulunabilirler. Belirsiz ortamlarda çalışabilmek için özel olarak geliştirilmiş yöntemler mevcuttur.

*Sonuçlardan yararlanma kabiliyeti:* Sistemin çalışması sonucu elde edilen çeşitli fırsatları değerlendirecek bilgiden yararlanılabilmektedir. Bundan başka US sistemdeki olabilecek tüm ilişkileri gözden geçirebilmektedir. Bunların sayısı çok büyük olduğunda uzman bunu zor yapmaktadır.

*Geleceğin fabrikalarının gelişmesine katkı:* US'lar yakın gelecekte ulaşılacağı beklenen otomasyona geçiş fabrikaların yazılım yönü açısından önemli yapı taşlarından biri olarak görülmektedir. İnsansız fabrikalar ancak insan uzmanların yerini alacak US'lar ile kurulabilecektir. Okunabilirliği açısından sistemin veritabanı önemli bir husus arz etmektedir. Bir US devamlı olarak gereken belgeleri üretebilmekte ve böylece karar verme sürecine bir başka yönden de katkıda bulunmaktadır.

*Tehlikeyi azaltma:* İnsan için tehlikeli olan ortamlarda uzman sistem kullanılabilir [15].

Tüm bu olumlu özelliklerin yanında US'ların çıkardığı sonuçlar ve kullanım kısıtlamaları da vardır. İleriye yönelik büyük umutlar olmasına karşın bugünkü US teknolojisi ve metotlarıyla yalnızca karmaşık olmayan uygulamalarda başarı sağlanmaktadır. En yaygın uygulama alanlarını şu şekilde sıralayabiliriz [13]:

- *Yorumlama*: Algılayıcılardan gelen değerlerden çıkarım yapılarak bir sonuca varılması.
- *Arıza teşhisleri ve tamir önerileri*: Gözlemler yaparak çeşitli makine ve sistem arızalarının nedenlerini ortaya çıkarma ve bunların giderilmesi için önerilerde bulunma.
- *Tasarım*: Kısıtlı şartları dikkate alarak çizimler üretme.
- *Planlama*: Özellikle proje ve işlem planlama konularında çok verimli uygulamalar. Çoğu zaman planlama sistemleri kural temelli sistemlerdir.
- *Kontrol*: Çeşitli üretim işlemlerinde operasyon parametrelerinin öngörülen sınırlar içerisinde tutulması amacıyla bu parametrelere etki yapan faktörlerin değişimlerinin kontrol altına alınması ve bu değerlerin istatistiklerinin derlenmesi.

US'ların kullanım alanlarının genişletilmesi ve uzmanlık derecelerinin yükseltilmesi yolunda bazı engeller bulunmaktadır. Bu engellerin aşılması yolunda sürdürülen araştırmalar büyük umutlar vaat etmesine karşın henüz arzu edilen düzeye ulaşamamıştır. Engelleri aşağıdaki başlıklar altında inceleyebiliriz [13]:

*Uzmanlık bilgisinin olmayışı*: Bazı konularda yetişmiş uzmanlara ulaşamamaktadır ve uzmanların çoğunun kendi bilgisini bilgi mühendisine aktarmak için zamanı olmamaktadır.

*Uzmanların bilgilerinin elde edilmesindeki güçlükler*: Bu, US tasarımında engel olan nedenlerden en önde gelenidir. Uzmanlar sahip oldukları bilgileri çeşitli psikolojik sebepler nedeniyle vermeye yanaşmamaktadırlar. Bu sebeplerden işini kaybetme korkusu ve yeni teknolojilere olan şüphe gösterilebilir.

*Aynı konuya uzmanlarının farklı bakış açılarına sahip olmaları*: Her Uzman'ın konusuna yaklaşımı doğru olmakla birlikte farklı da olabilmektedir. Yalnız bir uzmandan elde edilen bilgilere dayalı US yalnız o uzmanın probleme bakış açısını sergileyecektir, ama diğer bir uzman problemin çözümüne daha farklı açıdan ve belki de daha ekonomik veya daha doğru bir tutum sergileyebilir.

*US'ların dar alanlara yönelik olmaları:* US'lardan verim alınması henüz yalnızca dar alanlarda kalmakla mümkündür. Hatta bazen bu alan çok dar olmak zorundadır. Bu alandan az da olsa dışarı çıkılması sistemin çalışmasını zorlaştırmaktadır.

*Üst yönetimlerin tutuculuğu:* Yöneticilerin yeni teknolojiye şüphe ile bakması. Aynı işi yapan uzman olduğu durumda neden yeni bir teknolojinin ( programın ) geliştirilmesine ihtiyaç olduğunu anlaşılması zor olabilir.

*Uzmanların objektif ve bağımsız denetim mekanizmalarının olmayışı:* Pek çok uzman kişisel yöntemler ile çalışmaktadır ve onlar bu yöntemleri açıklamakta zorluk çekmektedirler. Bu durum tasarımcılarda tam doğrulukla çalışan US oluşturmanın mümkün olamayacağı düşüncesine neden olmaktadır.

*Ortak terminoloji olmayışı:* Pek çok uzmanın kullandığı kelimeler taşıdığı anlam bakımından uzmana özgü değildir. Başka bir deyişle uzmanların bazı mesleki kelimelere yükledikleri anlamlar, o kelimelerin bilinen genel anlamlarından farklıdır.

*Maliyet yüksekliği ve zaman fazlalığı:* US'ların oluşturulması yüksek maliyetli olup uzun sürmektedir. Maliyetler çok geniş aralıkta farklı tutarlarda gerçekleşmekte, süreler ise üç adam-yıl ile yirmi adam-yıl arasında değişmektedir.

*Öğrenme:* İnsan uzman ortam değişimine hızla uygunluk sağlamaktadır, US'un bunu hemen yapması zordur. Yani bir öğrenen USun tasarlanması da başlı başına bir problemdir.

US'ların kullanımda sağladıkları yararlar bu kısıtlamalara rağmen giderek artmaktadır. Özellikle yapay sinir ağları, bulanık mantık, genetik algoritmalar gibi yöntemlerin kullanılmasıyla US'lar daha önceleri geçerli olan bir dizi kısıtlamaları ortadan kaldırılabilmektedir. Örneğin, yapay sinir ağı kullanan bir US esnek öğrenme olanağına, bulanık mantık kullanan bir US ise bilgi yetersizliği durumunda doğru sonuçlara varabilme olanağına sahiptirler [13].

## **II.2.2. Uzman Sistemlerin Genel Yapısı**

Bir US'un temel unsuru, sistem oluşturulurken toplanan bilgidir. Bilgi, kolay işlenecek şekilde özelleştirilmiş ve karar vermeye uygun hale getirilmiş durumda olmalıdır. US'ların bir uzman gibi davranabilmesi için belli konulardaki problemleri çözebilecek bilgiye sahip olması gerekir. US, verdiği kararları ve davranış tarzını herhangi bir yolla gerçek bir uzman gibi açıklayabilmelidir. Bir US'un tasarlanması



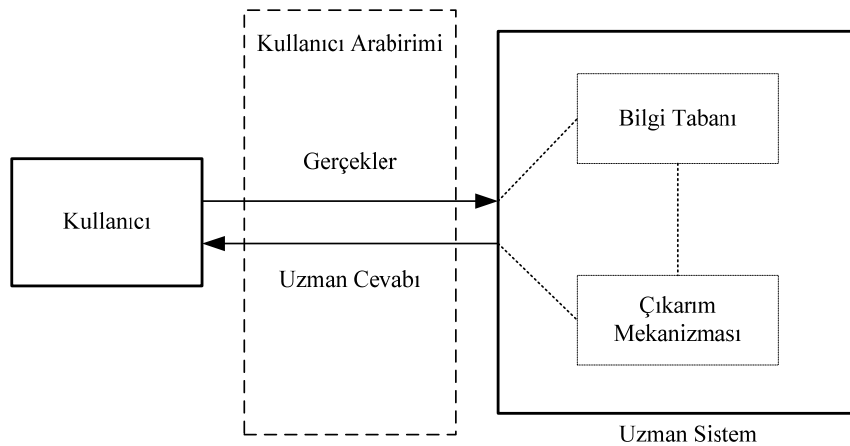
için genellikle aşağıdaki fonksiyonların geliştirilmesi gerekir [13].

- Problem çözme fonksiyonu, belirsizlikle uğraşılması gerekli olabilen belli alan bilgilerini kullanabilmelidir.
- Kullanıcı ilişki fonksiyonu, problem çözme işlemi sırasında ve sonrasında sistemin eğilimini ve kararlarını kullanıcıya açıklayabilmelidir.

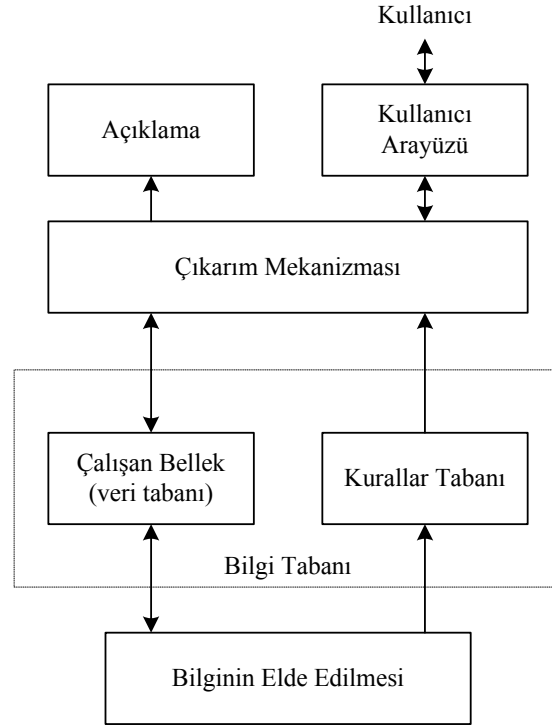
Bu iki fonksiyonun her ikisi de çok karmaşık, uygulama alanına ve pratik gereksinimlere bağlı olabilir. Tasarım ve uygulama sırasında çok değişik ve karmaşık problemler ortaya çıkabilir. Bunlar bilginin sunulmasıyla ilgili problemlerdir.

US programı veya özel tasarlanmış olan bir US makinesi belli bir algoritmaya dayanmayan, kendi bilgi tabanı içerisinde, girilen veya önceden belli olan verilere göre arama yaparak bu veriye veya verilere uygun olan bilginin (kuralın) aktifleşmesini sağlayan ve bu aktifleşme sonucu yeni bir veri elde ederek aramaya devam eden bir sistem şeklinde çalışmaktadır. Böyle arama yeni bir çıkarım yapılmayana kadar devam etmekte ve yeni bir çıkarım elde edilmediği durumda en son elde edilen çıkarım sonuç olarak kabul edilmektedir [13].

Şekil II.2’de bir US’un temel yapısı gösterilmektedir. Kullanıcı, US’a gerçekleri ve diğer bilgileri aktarır ve US’da cevabında kendisinin çıkarım mekanizmasını kullanarak bilgi tabanından çıkarabildiği sonuçları kullanıcıya aktarmaktadır. Şekil II.2’de görüldüğü gibi bir US iki ana bileşenden; (1) çıkarım mekanizması (inference engine) ve (2) bilgi tabanından (knowledge-base) oluşmaktadır. Kullanıcının sistemle teması için kullanıcı arabirimi US’nin bir önemli bir ögesidir [13,15].



**Şekil II.2 Uzman Sistemin Temel Yapısı**



**Şekil II.3 Uzman Sistemin Genel Yapısı**

#### II.2.2.1. Kurallar Tabanı

Uzman sistem, belirli durumlarda çalışan, *Eğer...O Halde* (If...Then) şeklinde veya başka bir şekilde olan kurallar topluluğunu depolamak için bir belleğe sahip olmalıdır. Bu bellek, *kuralları depolayan bellek veya kurallar tabanı* şeklinde adlandırılır. *Eğer...O Halde* yapısı bilgi sunum modellerinden üretim kurallarını (production rules) oluşturur ve her bir kural iki kısımdan oluşur. Birincisi varsayım (antecedent) ve, veya gibi mantık bağlaçları ile birleşmiş basit cümlelerden oluşur. İkincisi ise çıkarım/sonuç (consequent) mekanizması, kurallardan ileri gelen çözümü veya yerine getirilecek eylemi gösteren bir veya birkaç cümleden oluşmaktadır.

Genel şekliyle;

*Eğer* varsayım (antecedent) *O Halde* çıkarım (consequent).

Eğer çalışan bellekteki (veri tabanındaki) gerçekler, numune ile kıyaslanırsa ve aynı olduğu görülürse kuralın işlenmiş olduğu belirlenir [13].

Yaptığımız çalışmada, gerçekleştirilen uzman sistemlerde *Eğer...O Halde* sunum metodu kullanılmıştır. Bu metodun tercih edilmesinin sebepleri Bölüm II.2.4 belirtilmiştir.

Her bir kural belirli bir nitelik ve değere sahiptir. *Nitelik* verinin isim, tip, uzunluk, sayı, tasvir formu, sayı sistemi gibi karakteristiklerinden birini içeren

tasviri, vasfı, belirtisidir, yani özniteliktir. *Değer*, veriyi belirleyen bir özelliktir. Herhangi bir kural bir veya birkaç çift nitelikten yani değer ve sonuçtan oluşur. [13].

Bilgi tabanı, kendi içinde bilginin sunulma yöntemine göre değişik şekillerde yapılandırılabilir. Örneğin, kurala dayalı sistemlerde bilgi tabanı, kuralların yer aldığı kurallar tabanı ile nesnelerin nitelik ve değer çiftlerinin, gerçeklerin yer aldığı veri tabanından (çalışan bellek) oluşur. US'ların performansı büyük ölçüde bilgi tabanının kalitesine ve ölçeğine bağlıdır. Bilgi tabanının bu özellikleri ise bilginin elde edilmesi ile doğrudan orantılıdır [13].

US'ların ayrı bir veri tabanı (database) ile etkileşimli olması da istenebilir. Bu özellik standart olmasa da bazı büyük ölçekli problemlerin çözümünde önemli kolaylıklar sağlayan bir uygulamadır. Özellikle veri tabanının diğer yazılımlar ile ortak ve birlikte kullanılması bu kolaylıkları ve yararları daha da arttırabilmektedir [13]. Geliştirdiğimiz US'da bu amaçla dBase IV formatında verileri saklayan bir veri tabanı kullanılmıştır.

#### II.2.2.2. Çalışan bellek

Sistemin diğer önemli bir kısmı çalışan bellek veya veri tabanıdır. Bu bellekte o anki durumu tasvir eden gerçekler topluluğu ve belirli bir ana kadar elde edilmiş nitelik-değer çiftleri depolanmaktadır.

Çalışan bellek, zamanla değişen bilgiler tabanının dinamik kısmını teşkil eder. Bu belleğe eklenen yeni gerçekler mevcut gerçeklere kuralların uygulanması sonucunda elde edilir. Böylece bilgi tabanı, kurallar topluluğu ve çalışan belleğin içeriğinden oluşmaktadır [13].

#### II.2.2.3. Çıkarım Mekanizması

Veri tabanını da kullanarak bilgi tabanı üzerinde araştırma yapmaktan ve kendisine verilen mantıksal olarak sonuçlandırmaya muhtaç önermelerin doğruluğunu araştırmaktan sorumlu bir birimdir. Bilgi tabanında araştırma yaparken, gerçekleri ve kuralları kullanır [14].

US'larda çıkarım mekanizması (veya kural yorumlayıcısı) iki fonksiyonu yerine getirmektedir [13];

- Çalışan bellekteki mevcut gerçeklerin gözden geçirilmesi, bilgi tabanından kuralların gözden geçirilmesi ve çalışan belleğe yeni gerçeklerin eklenmesi,

- Gözden geçirme sırasının ve kuralların kabul edilmesinin belirlenmesi.

Çıkarım mekanizmasının görevi bilgi tabanını yorumlama ve kontroldür. Hangi durumda kuralların uygulanacağını belirlenmesi yani bilgi tabanının kullanılması ancak çıkarım mekanizması aracılığı ile olur. US'un bu bileşeni gerçeklere, kuralları sistematik bir biçimde uygulayarak bir sonuca varılmasını sağlar. Bu amaçla çıkarım mekanizması bilgi tabanındaki kurallar üzerinde bir yeri olan, kurallardan oluşmuştur. Çıkarım mekanizması, bilgi tabanındaki özel bilgiyi kullanıp mantık yürütme işini çeşitli yöntemlerle yapabilir. Kullanılan yöntem, çıkarım mekanizmasına adını da verir. Bunlar [13];

- İleriye doğru zincirleme (forward chaining),
- Geriye doğru zincirleme (backward chaining),
- Tümevarım (induction),
- Hipotetik akıl yürütme (hypothetical reasoning)
- Nesneye yönelik (object oriented) akıl yürütme,
- Dinamik kural değişimi (dynamic rule modification).

İleriye doğru zincirleme yönteminde, belli olan koşullardan sonuçlar çıkarılır. Gerçekleştirilen US'da, ileri doğru zincirleme yöntemi kullanılmıştır. İleri doğru zincirleme metodu Bölüm II.2.4'de ayrıca anlatılmıştır.

#### II.2.2.4. Bilginin Elde Edilme Altsistemi

Kullanıcıya bilgi tabanındaki kurallar ve olguları düzeltme, ekleme ve çıkartma yapma ve bazılarını silme imkanı sağlar [20]. Uzman ile bilgi tabanı arasında bir arabirim oluşturur [14].

US'ların bilgi tabanının oluşturulmasında kullanılacak bilginin çeşitli kaynakları bulunmaktadır. Ancak bilginin gün geçtikçe artması ve US yazarken ulaşılan bilginin daha üst düzeyinin bulunması, bilgi elde etmenin kısa dönemli bir faaliyetin ötesinde dinamik bir yaklaşım, bir süreç olmasını gerektirmektedir [13].

Bilgi edinimi, bir uzman sistem geliştirmenin anahtar elemanlarından birisidir. Bu süreç bilgi mühendislerinin bilgiyi elde etmesi ve alan uzmanının problem çözmede kullandığı şekilde kodlamasını içermektedir. Uzman sistemin başarısı problem çözme tekniklerini en azından bir alan uzmanı açısından doğru bir şekilde sunma yeteneğine bağlıdır [12].

Bilgi edinimi pek çok evreden oluşur. Bu evreler, iyi bir bilgi mühendisi bulma, elde edilecek bilginin özelliklerini belirleme, alan uzmanını seçme ve bilgiyi edinme/aktarma olarak sınıflanabilir [12]. Bilgi çeşitli kaynaklardan elde edilebilir. Bu kaynaklar şunlardır [21];

- İnsan uzmanlar,
- Genel veritabanı (global database),
- Matematik modeller,
- Benzetim (simulation) programları,
- Kullanıcılar ve yaşanan olaylar (makine öğrenmesi)

#### II.2.2.5. Kullanıcı Arabirimi

Kullanıcı ile uzman sistem arasındaki iletişim yapılan mekanizmadır [15]. Genellikle neden ve nasıl sorularına cevap veren bir açıklama ünitesi içerir [20].

US'lar diğer yazılımlarla da etkileşimli çalışabileceklerinden, örneğin; veri tabanının yönetim sistemleri, ofis otomasyon sistemleri gibi yapılarla iletişimi sağlayacak arayüzlere de gereksinim vardır. Ayrıca US'ların çeşitli donanımlar da irtibatlı olması; örneğin proses kontrolü için gerekebilmektedir. Tüm bu fonksiyonlar US'lar için üretilmiş değişik arayüzler gerektirmektedir. Bazı arayüzler donanım, bazı arayüzler de yazılım arayüzleridir. Yazılım arayüzleri çoğunlukla US'ların kullanıcılar ile iletişim kurmasında görev yapmaktadır. Bu amaçla tasarlanan arayüzler ardı ardına sorular sormakta ve aldıkları cevaplara göre mantık yürüterek vardıkları sonuçları, kararları yine bu arayüzlerle işleme konmak üzere kullanıcıya iletmektedir. Bu işlevlerin yerine getirilmesinde başarı sağlanması için kullanıcı cevap verirken çeşitli seçenekler olması, sonuçlar iletilirken de açıklamalar yapılması gerekmektedir [21].

US'lar proses kontrolü, arıza teşhisleri ve bakım alanlarında kullanıldıklarında, proses, makine ya da sistemlerin durumlarının US'a bildirilmesi gereği ortaya çıkmaktadır. Bu iletişim sensörler aracılığı ile yapıldığından, bunlarla US arasında arayüzler kullanılmasına gerek duyulmaktadır. Bu arayüzlerin görevi; analog değişimleri sayısal (dijital) değerlere çevirerek oluşumun US tarafından anlaşılmasını sağlamaktır [21].

#### II.2.2.6. Açıklama Sistemi

Çıkarımın nasıl yapıldığını açıklar. Ayrıca kullanıcı ile iletişim anında bazı sorular sorar ve kullanıcı da neden bu soruyu sorduğunu bilmek isterse *açıklama birimi* gerekli açıklamayı yapar [20].

#### II.2.2.7. Kullanıcı

Kullanıcı, uzman olmayan herhangi biridir ve sistemin iç yapısı hakkında bilgisi olması gerekmez. O yalnızca sonucunu almak istediği soru veya önermeleri sisteme verir ve bunlara karşılık cevap veya cevaplar alır. Bir uzman sistemin başarılılığın ölçüsü; doğru mantıksal sonuçlar verebilmesinin yanında, bu sonuçlara ulaşabilmesi için kullanıcının sistemin iç yapısı hakkında ne kadar ilgili olmasının zorunlu olduğudur. Diğer bir deyişle, kullanımda olan bir uzman sistemde kullanıcı ile sistem arasındaki fark ne kadar büyükse, bu uzman sistem bir o kadar başarılıdır [14].

### II.2.3. Uzman Sistem Geliştirme Süreci

Bir uzman sistemin geliştirilmesi sürecine değişik adımlarda tanımlamak mümkündür. Genel olarak altı adım halinde bir süreç uygulamak doğru neticeler vermektedir. Bu adımları şöyle sıralayabiliriz [22]:

*Adım 1-Projenin başlangıç noktasını belirlemek:* Bu adımda, uzman sistemin çözeceği problemin ne olduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Problem ile birlikte ihtiyaçların neler olduğunun belirlenmesi sistemden kullanıcının neler istediğinin açık olarak ortaya konulması gerekmektedir. Uzman sistemin geliştirilmesinin mümkün ve doğru olduğunun belirlenmesinden sonra böyle projeyi geliştirmek üzere proje ekibinin kurulması ve gerekli düzenlemeler ile yerel ve genel faktörlerin, finanssal konuların halledilmesi işleminin yapılması gerekmektedir. Projenin başlatılmasına karar verildikten sonra gereken yönetsel konular yerine getirilir .

*Adım 2-Sistem analizi ve tasarım :* Bu adımda, öncelikle kavramsal analiz yapılmalıdır. Bu sistemin genel özellikleri, kabiliyet ve yetenekleri, diğer bilgisayar sistemleri ve programları ile etkileşimi, karşılaşılabilecek riskler ve risk alanları, gereken kaynaklar bilgilerinin derlenip toparlanmasını ve ortaya konulmasını sağlayacaktır. Kavramsal analiz bittikten sonra geliştirme stratejisinin belirlenmesine gerek vardır. Sistemin hangi bünyede geliştirileceğinin kararın verilmesi

gerekmektedir. Bu konudaki kararı verdikten sonra bir uzmanın seçilmesi gerekmektedir. Uzman seçildikten sonra teknolojik düzeyde uzman sistemin yazılım geliştirmesine yönelik ön kararları vermek gerekmektedir. Bilgisayar dilleri, kullanılacak geliştirme ortamları, uygulama alanının içeriği konularında kararlar verilmelidir. Sistem, Prolog veya Lisp gibi üst düzey program dillerinden birisini kullanarak mı, yoksa uzman sistem kabukları veya geliştirme araçları dediğimiz geliştirme ortamları kullanarak mı geliştirilecektir?. Ortamın seçimi oldukça önemlidir. Yazılım kadar donanımında önemlidir. Sistemin çalışması için gerekli zaman ve hız faktörlerin belirlenerek uygun donanımın seçilmesi projenin başarısını önemli ölçüde artıracaktır.

*Adım 3-Bir prototipin oluşturulması ve ilk versiyon gösteriminin sağlanması:*

Bu adımda, daha önce belirlenen yaklaşımlar ışığında oluşturulacak uzman sistemin basit bir prototipinin oluşturulması ve bunun gösterime açılarak doğru yola gidildiğinin belirlenmesi gerekmektedir. Geliştirilen prototipin uzman veya uzmanlar tarafından onaylanması, geliştirme yönünün ne taraflarda eksik veya daha fazla dikkati gerektirdiği belirlenir. Bu prototip geliştirilerek daha gelişmiş bir prototip oluşturulur. Bu da gösterime açılarak, yeni düşünceler ve onay alınarak nihai ürüne dönüştürülür.

*Adım 4-Sistem geliştirme:* Bu adımda, gerçek sistemin geliştirmesine yönelik eylemler gerçekleştirilir. Öncelikle bilgi tabanının oluşturulması gerekmektedir. Mevcut uzmanlık bilgisinin bilgisayarın anlayacağı şekilde gösterilmesi muhtemel çözümlerin belirlenmesi, gerçeklerin ve uzman kuralların listelenmesi gerekirse karar ağacı gibi tekniklerle eksik bilginin bırakılmamasının sağlanması ve belirlenen geliştirme ortamı veya programlama dili ile bu bilgi tabanını arayan, tarayan ve bilgilerden sonuç çıkaran mekanizmanın geliştirilmesi işlemleri yapılacak işlerin önemlileridir. Burada bilgi tabanının nasıl taranacağı hangi metot ve stratejilerin kullanılması gibi konularda da kararların verilmesi gerekmektedir. Kullanıcı ara birim ve açıklamaların nasıl olacağının, hangi noktalarda ne kadar detaya inilerek açıklamalar yapılacağının karara bağlanması ve sistemin ona göre geliştirilmesi gerekmektedir.

*Adım 5-Uygulama :* Bu adımda, nihai ürün olarak ortaya çıkan uzman sistemin uygulanması ve kullanıcı tarafından kabul edilmesinin sağlanması, kabul testlerinin gerçekleştirilmesi işlemleri yapılır. Sistemin kurulması, entegrasyonların ve testlerinin yapılması, gereken kullanım kılavuzları gibi dokümanların oluşturulması,

sistemin bozulmaması için gereken güvenlik önlemlerinin ortaya konulması uygulanması bu adımda yapılacak olan işlerin önemli olanlarıdır.

*Adım 6-Uygulama sonrası yapılacak işler* : Bu adım, sistemin uygulama sahasında aktif çalıştırılması, bakım ve onarımın yapılması, sistemin genişletilmesinin gerekip gerekmediğinin kararının verilmesi ve değerlendirmeler yapılarak performansının istenilen düzeyde tutulması için gereken işlemlerin yapılması eylemleri bu adımda gerçekleştirilir.

Programlı ve planlı bir şekilde sürekli geliştirme sürecinin adımlarını izleyerek ve geliştirme sürecini kontrol altında tutarak projeyi tamamlamak hem ekonomik yönden hem de zaman bakımından önemli katkıların oluşmasına, projenin zamanında ve planlanan mali yük altında bitirilmesinin sağlanmasına neden olacaktır [22].

## **II.2.4. Kurallara Dayalı Uzman Sistemlerin Tasarlanması**

Bu çalışmamızda, Bölüm II.2.2’de belirtildiği gibi; bilgi sunum modeli olarak *Eğer...O Halde* üretim kuralları metodu, bilginin kurallarla sunulmasında ise ileriye doğru zincirleme yöntemi kullanılmıştır.

Bilgi tabanının kullanıldığı çıkarım sürecinde, parametreler için araştırma ve eşleşme işlemleri söz konusudur. Bu tip araştırma tiplerine enlemesine arama (Breadth-first Search), derinlemesine arama (Depth-first Search), modus ponenes, modus tollens ve yazı tahtası mimarisi örnek olarak verilebilir[12]. Bu çalışmada, kural sayısının uygun düzeyde olması nedeniyle çıkarım sürecinde tüm kurallar programda yazıldığı sıraya göre taranması yöntemi tercih edilmiştir

Üretim kuralları metodunun üstünlüğü dört madde ile ifade edilebilir [13]:

- *Modüler yapı*, her kural bilginin bağımsız bir kısmını ifade eder.
- *Eklenebilirlik*, yeni kurallar diğer kurallardan bağımsız olarak bilgi tabanına eklenebilir.
- *Değiştirilebilirlik*, eski kurallar diğer kurallardan bağımsız olarak değiştirilebilir.
- *Şeffaflık*, sistemin kararları ve çözümleri açıklanabilir.

### **II.2.4.1. Bilginin Kurallarla Sunulması Yöntemleri**

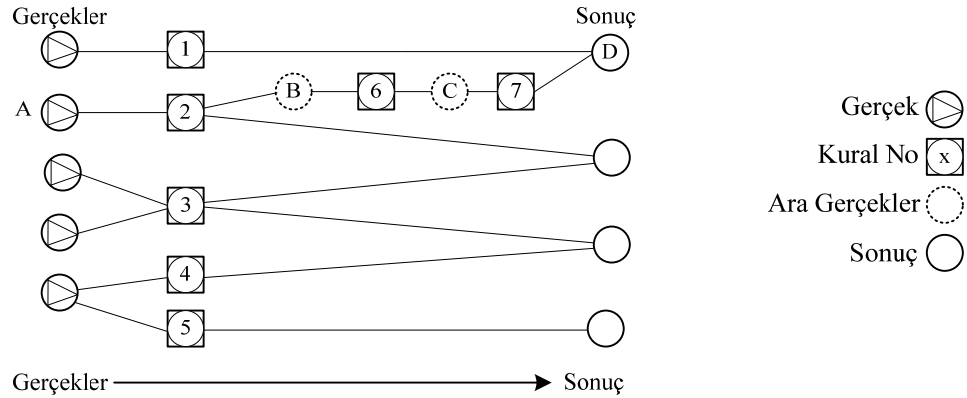
#### *1.a. İleriye Doğru Zincirleme*

İleriye doğru zincirleme yöntemi, bir kurala ait bir koşul cümlesiyle başlayan



ve eylem kurallarını harekete geçiren ve ileriye doğru kurallar zinciriyle çalışan işlerde kullanılır. Bu tür zincirleme sırasında çıkarım mekanizması, *Eğer* koşullarının bilgi tabanındaki diğer kurallarla olan uyumunu araştırır. Bu işlemlerle yeni değerler oluşturulduktan sonra, eylem kuralları uygulanır [13].

İleriye doğru zincirleme tekniği başlangıç bilgilerinden, ileriye doğru çıkarım yaparak ilerler. Kullanıcılar, bu teknikte istedikleri düzende istedikleri kadar veri sağlarlar. Ancak kurallar, yeterli veri olduğu zaman çalışmaya başlar. Yeni gelen verilerle kuralların bütün koşulları yada diğer kuralların sonuçları eşleştiği zaman, sistem işlemeye başlar. Bu durumda bir problemin sonucunu veren bir kuralın bulunma ilkesi kullanılır [13].



Şekil II.4 İleriye Doğru Zincirleme

Şekil II.4’de görüldüğü gibi gerçekler temelinden sonuçlar üretilmektedir.

*Eğer A O Halde B*

*Eğer B O Halde C*

*Eğer C O Halde D*

Örnekte A gerçek, çıkarım mekanizması B ve C ara gerçeklerini üretir ve D sonucu elde edilir.

#### 1.b. Geriye Doğru Zincirleme

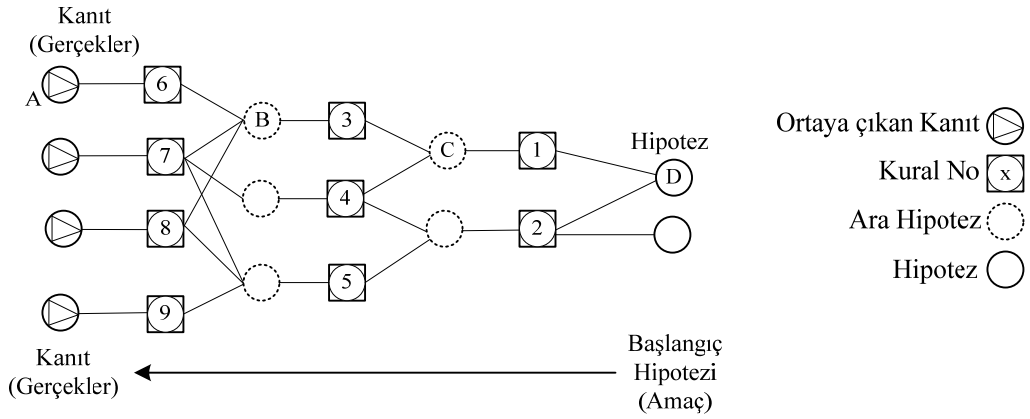
Geriye zincirleme yönteminde önceden bir hipotezin (varsayım) gerçek olduğu varsayılır ve bu hipotezin kanıtları aranır. Yani kurallara bir hipotez ile başlanır. Bu zincirleme ileriye doğru zincirlemenin tersidir. Tümdengelim ilkesi temel alınır [13, 20]. Geriye doğru zincirleme kural tabanı için örnek, ileri doğru zincirleme kurallarının tersi yazılabilir.

*Eğer D O Halde C*

Eğer C O Halde B

Eğer B O Halde A

Örnekte D başlangıç hipotezi (amaç), C ve B alt-amaçlar veya ara-hipotezler, A ise üretilen kanıttır. Şekil II.5’de geriye doğru zincirleme görülmektedir.



Şekil II.5 Geriye Doğru Zincirleme

Tablo II.1’de ileriye ve geriye doğru zincirleme yöntemlerinin bazı özellikleri görülmektedir [15].

Tablo II.1 İleriye ve Geriye Doğru Zincirlemenin Özellikleri

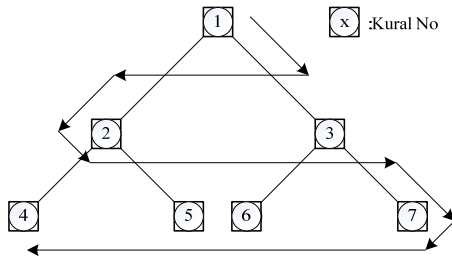
| İleriye Doğru Zincirleme               | Geriye Doğru Zincirleme                             |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Planlama, kontrol, izleme uygulamaları | Teşhis uygulamaları                                 |
| Gelecek durumu sunmak                  | Geçmiş durumu sunmak                                |
| Veri sürme                             | Amaç sürme                                          |
| Gerçekler izlenerek çözüm bulmak.      | Hipotez desteği ile delillere (gerçeklere) ulaşmak. |
| Enlemesine arama imkanı.               | Derinlemesine arama imkanı.                         |

#### II.2.4.2. Arama Yöntemleri

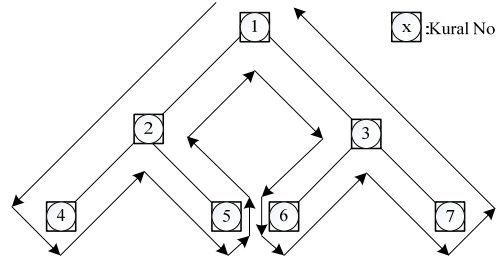
*Enlemesine arama*, daha alt bir ayrıntıya girmeden bir karar düğümündeki olası tüm terimler değerlendirilir. Her karar düğümündeki tüm dallar seçilen sonraki aramayı takip eden daldan önce değerlendirilir. Bu arama tekniği, (k+1) düzeyindeki düğümler aranmadan önce k düzeyindeki arama ağacındaki tüm düğümleri üretir. Arama sürecinin karmaşıklığı araştırılan düğümün sayısının bir fonksiyonudur [12]. Enlemesine arama Şekil II.6’da görülmektedir [15]. Süreç daha alt bir düzeye gitmeden önce, her düzeydeki dalları ayrıntılı bir şekilde araştırdığından dolayı, önce enlemesine arama daima en kısa arama yolunu bulduğundan dolayı optimaldır.

Bununla beraber, eğer her düğümde çok sayıda dal varsa ve hedef durum arama ağacının derinlerinde yer alıyorsa, bu zaman alıcıdır ve pratik değildir [12].

*Derinlemesine arama*, bir sonrakine gitmeden önce her öncülün tüm dallarının değerlendirmesini içerir. Burada önemli olan, güncel yolun unutulmamasının sağlanmasıdır. Sonuçta bunu sağlamak için enlemesine aramadan daha az bellek gereksinimi söz konusudur. Bu nedenle derinlemesine arama sık olarak enlemesine aramaya tercih edilir [12]. Derinlemesine arama Şekil II.7’de görülmektedir [15].



Şekil II.6 Enlemesine Arama



Şekil II.7 Derinlemesine Arama

*Modus ponens*, bilgi tabanlı sistemlerde kullanılan en sık çıkarım stratejilerinden birisidir. Bir kuralın öncülünün doğru olduğu biliniyorsa, sonucunun da doğru olduğuna inanmanın geçerli olduğu durumlarda kullanılan akıl yürütmedir. Örnek olarak;

Verilen kural: Eğer A doğru ise, o halde B doğrudur.

Bilinen olgu: A doğrudur.

Elde edilen sonuç: B doğrudur,

olarak ifade edilebilir [12].

*Modus tollens*, modus ponensin tersine çevrilmiş şeklidir. Burada eğer bir kuralın öncülü kuralın sonucu doğru iken doğru olmak zorunda ise, o halde sonucun yanlışlığı öncülün yanlışlığı demektir [12]. Örnek olarak;

Verilen kural: Eğer A doğru ise, o halde B doğrudur.

Bilinen olgu: A doğru değildir.

Elde edilen sonuç: B doğru değildir.

olarak ifade edilebilir [12].

## II.2.5. Belirsizlik Altında Muhakeme

Tecrübeye dayalı (heuristik) kurallar, uzmanlar tarafından belirlenen kurallardır. Bir çok heuristik kuralın temeli belli olayların ortaya çıkmasına bağlıdır. Bu olayın ortaya çıkma olasılığını yalnız uzman görebilir veya hesaplayabilir. Yani, bir olayın meydana gelmesi ihtimali hakkında uzmanın belirli bir fikri olmaktadır. Heuristik kurallarda insan deneyimi dikkate alındığından dolayı, onların doğru olmalarını her zaman tam güvenilir olduğu söylenemez [13]. Başka bir ifadeyle çoğu zaman bir belirsizlik vardır.

Bir karar verilirken yeterli bilginin olmayışından dolayı belirsizlik hesaba katılabilir. Farklı hatalı kanılar belirsizliğe neden olabilir. Hatalı kanılar; anlam belirsizliği, eksik bilgi, hata (insan faktörü, donanım hatası), ölçüm hatası, rastlantısal durum, sistemli hata, sonuç çıkarma hatası (tümevarım; pnömatik silindir sıkışmaz, çünkü daha önce asla sıkışmadı (doğru olan: pnömatik silindir sıkışabilir), tündengelim; çıkış normal dolayısıyla pnömatik silindir iyi çalışıyor (doğru olan: pnömatik silindir açık pozisyonda sıkışabilir).

Bu durumlar dikkate alınarak genellikle kurallar “olabilir” mantığıyla oluşturulmaktadır. Kuralların kullanımında çakışmaları önlemek için onların doğruluk dereceleri belirlenmektedir. Doğruluk derecesini belirlemede kullanılan güvenilirlik katsayısı ve bayes kuralı aşağıda açıklanacaktır. Yaptığımız çalışmada, güvenilirlik katsayısı yöntemi ile doğruluk dereceleri belirlenmiştir.

### II.2.5.1. Güvenilirlik Katsayısı

Kullanılan sezgisel *Eğer...O Halde* kuralları insan tecrübesine dayalı olduğundan tam olarak onların doğruluğunda bahsedilemez. Uzman sistemlerde de uzman tarafından belirlenen kurallar bir belirsizlik taşımaktadır [14]. Örneğin:

*Eğer* (valf-1çıkış=aktif) *ve* (valf-1sigorta= normal) *O Halde* (valf-1 =çalışır) kuralı her zaman doğru olmadığından belirli doğruluk derecesine göre kuralın geçerli olduğu sınırlar bulunur. Bu doğruluk derecesini belirten niteliğe *güvenilirlik katsayısı* (GK) denir. Doğal olarak, GK  $[-1,1]$  aralığında yerleşecektir. Negatif değerler kuralın yanlışlığını, pozitif güvenilirlik katsayıları ise kuralın doğruluk derecesini belirtir. GK=1 değeri kuralın her zaman kesin geçerliliğini göstermektedir. GK=-1 değerli kurallar, tabii ki bir anlam taşımaktadır [13,14].

Kuralın güvenilirlik katsayısı GK=0.9, kuralın valf-1çıkış kısmı güvenilirlik

katsayısı 0.8, valf-1 sigorta kısmının güvenilirlik katsayısı 0.51 kabul edilirse, kural aşağıdaki şekilde yazılabilir:

*Eğer* (valf-1 çıkış=aktif (GK=0.8)) *ve* (valf-1 sigorta=normal (GK=0.51)) *O Halde* (valf-1 =çalışır) (GK=0.9)

Kuralın çıkarım mekanizmasındaki (valf-1=çalışır) GK değeri, kuralın şart kısmının GK'sının minimumu ile kuralın tamamının GK'sı çarpımı şeklinde hesaplanır. Verilmiş örnek için:

$$GK=(\text{minimum}(0.8,0.51))*0.9=0.51*0.9=0.459 \quad (\text{II.1})$$

GK: Güvenilirlik Katsayısı.

Kurallar kümesinde aynı sonucu veren başka kurala rastlandığında, sonuç GK'sı olarak her kuralın GK'sının maksimumunun seçilmesi gerekir. Kuralların şart kısmı, **ve/veya** bağlantısında olabileceğinden GK'sının belirlenmesinin genel algoritması aşağıdaki şekilde verilebilir [14]:

- Kuralların **ve** ile bağlanmış şart kısmının GK'ları içerisinde minimumların maksimumu seçilir.
- Eğer kuralda **veya** operatörüne rastlanırsa, **ve** ile bağlanan şart kısmı ile **veya** ile bağlanan şart kısmının maksimumu seçilir.
- Seçilmiş güvenilirlik katsayısı kuralın güvenilirlik katsayısı ile çarpılır.
- Aynı sonuca ulaştıran birkaç kurala rastlanırsa elde edilen güvenilirlik katsayıları içerisinde maksimum değere sahip olanı alınır.

Aynı sonuca getiren 2 farklı kuralın GK'nın hesaplanması incelenirse [14]

*Eğer* A (GK=0.3) *ve* B (GK=0.6) *O Halde* C (GK=0.5)

*Eğer* D (GK=0.4) *ve* E (GK=0.7) *O Halde* C (GK=0.9)

Verilmiş kurallara göre C'nin mantıksal olarak elde edilmesinin güvenilirlik katsayısı, GK (C) aşağıdaki şekilde hesaplanıyor:

$$GK(C) = \text{maksimum} ((\text{min}(0.3,0.6)*0.5), (\text{min}(0.4,0.7)*0.9)) \quad (\text{II.2})$$

$$GK(C) = \text{maksimum} (0.3*0.5), (0.4*0.9))=0.36 \quad (\text{II.2a})$$

**Veya** ile bağlanmış kurallar incelendiğinde

*Eğer* A (GK=0.3) *ve* B (GK=0.6) *veya* D (GK=0.5) *O Halde* C (GK=0.4)

Bu durumda C'ye ulaşmanın GK değeri verilen algoritmaya göre aşağıdaki

şekilde hesaplanır.

$$GK(C) = \text{maksimum}((\text{minimum}(0.3, 0.6) * 0.5) * 0.4 \quad (\text{II.3})$$

$$GK(C) = \text{maksimum}(0.3, 0.5) * 0.4 = 0.2 \quad (\text{II.3a})$$

Bir çok durumda güvenilirlik katsayılarının sınır değerleri önceden verilir. Mantıksal sonuçlandırma, yalnız bu sınır değerinin üstüne çıkarsa geçerli olur. Bilgi tabanı üzerinde işlemler, güvenilirlik katsayısı için belirlenmiş sınır değerini aşana kadar devam ettirilir. Bu süreç aşağıdaki işlem ardışıklığını gerektirir [14]:

- I.adım: İlk rastlanan kuralın güvenilirlik katsayısı,  $GK_{\delta}$  hesaplanır.
- II.adım: Elde edilen güvenilirlik katsayısı, sınır değeri  $GK_s$  ile karşılaştırılır.  $GK_{\delta} < GK_s$  ise bilgi tabanında işlemler devam ettirilir (üçüncü adıma geçilir), aksi halde mantıksal çıkarım gerçekleştirilerek işlemler tamamlanır (III.adım işlenmez).
- III.adım: Aynı sonuca ulaştıran başka bir kurala rastlanırsa  $GK_y$ , yeni kural değeri,  $(1 - GK_{\delta})$  ile çarpılarak önceki güvenilirlik katsayısı ile toplanır.

$$GK_y = GK_{\delta} + (1 - GK_{\delta}) * GK_y \quad (\text{II.4})$$

$GK_{\delta}$  : Güvenilirlik katsayısının ilk değeri,

$GK_y$  : Güvenilirlik katsayısının sonraki değeri,

Burada da  $GK=1$  değeri sonucunun mutlak doğruluğunu belirtiyor.

- IV.adım:  $GK_{\delta} = GK_y$  olarak değiştirilir ve adım II'ye geçilir.

Aşağıdaki veriler üzerinde bir örneği ele alalım:

GK'nın sınır değeri :  $GK_s = 0.8$

Kural : *Eğer A O Halde B* ( $GK = 0.6$ )

Önceki GK :  $GK_{\delta} : 0.6$

$GK_{\delta} < GK_s$  olduğundan aynı sonuca varabilen diğer kural aranır.

Yeni kural : *Eğer C O Halde B* ( $GK = 0.7$ )

Yeni GK değeri Denklem II.5'de ki gibi olur.

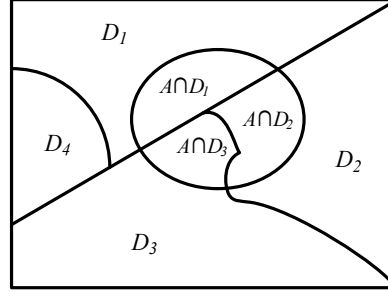
$$GK_y = GK_{\delta} + (1 - GK_{\delta}) * GK_y = 0.6 + (1 - 0.6) * 0.7 = 0.88 \quad (\text{II.5})$$

Sınır değeri geçirildiğinden ( $GK_{\delta} > GK_s$ ) sonuçlandırma yapılır ve işlemler

bitirilir [14].

#### II.2.5.2. Bayes Kuralı

Çok parametrelili sistemler için örnek uzayımızın  $D_1, D_2, \dots, D_n$  parametrelerinden bağımlı olduğunu düşünelim. Herhangi bir A olayını Şekil II.8’de görüldüğü gibi bir durumu Denklem II.6 biçiminde yazabilir [14].



Şekil II.8 Toplam Olasılık Teoremi için Grafiksel Gösterim

$$A = (A \cap D_1) \cup (A \cap D_2) \cup \dots \cup (A \cap D_n) \quad (\text{II.6})$$

Olasılık değerleri göz önüne alındığında A olayının gerçekleşme olasılığı:

$$P(A) = P(A \cap D_1) + P(A \cap D_2) + \dots + P(A \cap D_n) \quad (\text{II.7})$$

$P(A)$  : A olayının gerçekleşme olasılığı,

$P(A \cap D)$  : A ve D olayların aynı zamanda gerçekleşme olasılığı,

şeklinde yazılabilir [14].

D olayı gerçekleştikten sonra A olayının gerçekleşme olasılığı  $P(A | D)$  olmaktadır. D olayı,  $P(D)$  olasılığı ile gerçekleştiğinden bu olasılık değeri de, A ve D olaylarının birlikte olma olasılığının hesaplanmasında kullanılır. Buradan her zaman 1’den küçük olan  $P(D)$  değerini  $P(A | D)$  değerine çarpmamız gerekmektedir. Sonuçta D olayının her zaman gerçekleşmesi zorunluluğu olmadığından genel olasılık değeri düşecektir [14]. Buradan;

$$P(A \cap D) = P(A | D) \cdot P(D) \quad (\text{II.8})$$

$P(A | D)$  : D olayı gerçekleştikten sonra A olayının gerçekleşme olasılığı,

$P(D)$  : D olayının gerçekleşme olasılığı,

yazılır. Bu durumda Denklem II.7 ifadesi aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$P(A) = P(A \mid D_1).P(D_1) + P(A \mid D_2).P(D_2) + \dots + P(A \mid D_n).P(D_n) \quad (\text{II.9})$$

$$P(A) = \sum_{i=1}^n P(A \mid D_i).P(D_i) \quad (\text{II.9a})$$

Denklem II.9a’da elde edilen sonuca *toplam olasılık teoremi* denir [14].

$P(A \& D) = P(A \mid D).P(D)$  olduğundan herhangi bir  $k$  değeri için Denklem II.10 bağıntısı yazılabilir [10].

$$P(D_k \mid A) = P(D_k \& A) / P(A) \quad (\text{II.10})$$

ve

$$P(D_k \mid A) = P(D_k)P(A \mid D_k) / P(A) \quad (\text{II.11})$$

olduğundan  $P(A)$  için toplam olasılık teoreminden faydalanarak aşağıdaki ifade yazılabilir [14]:

$$P(D_k \mid A) = \frac{P(D_k)P(A \mid D_k)}{\sum_{i=1}^n P(D_i)P(A \mid D_i)} \quad (\text{II.12})$$

Bu bağıntıya Bayes teoremi denir. Bayes teoremi, tüm kombinasyonların hesaplanmasına dayalı yöntemden farkı, değerler bir biri ile korelasyon oluşturduğunda tüm durumları denemeden karar verme imkanının olmasıdır [14].

## II.2.6. Uzman Sistemlerde Kullanılan Diller, Kabuklar ve Araçlar

Uzman sistemler tipik olarak özel programlama dilleri ile yazılmışlardır. Uzman sistemin geliştirilmesinde LISP yada PROLOG gibi dillerin kullanımı kodlama sürecini kolaylaştırır. Klasik programlama dilleri ile karşılaştırıldığında bu dillerin başlıca avantajları yeni kuralların eklenmesi, ayrılması ve çıkarılması işlemlerini basitleştirmesi ve bellek yönetim yetenekleridir. Uzman sistemler için gereken programlama dillerinin bazı ayırt edici özellikleri vardır. Bunlar tam sayı ve gerçek sayı değişkenlerini etkin olarak birleştirebilmesi, iyi bellek yönetim sistemleri olması, geniş veri kullanım işlemleri olması, artımsal derleme yeteneği, bellek mimarisi özelliği, sistem ortamı optimizasyonu sağlanması ve etkin arama süreçleri



olması olarak sıralanabilir [12].

Uygulama programlarının geliştirilmesinin, bakımının sağlamanın ve tesliminin gerçekleştirilmesinin yardımıyla kullanılan programlama dili ve faydalı programların hepsine birden *araçlar (tools)* denilmektedir. Faydalı programlar metin ve grafik editörleri, hata ayıklayıcılar, dosya yönetimi ve hatta kod üreticileri içerebilirler. Çapraz birleştiriciler, geliştirilen kodu farklı donanımlara göre uyarlayabilirler. Örneğin, bir DECVAX için geliştirilen US çapraz birleştirici program sayesinde Motorola 68000 mikroişlemcisi için de kullanılabilir [13].

*Kabuklar (shells)*, özel amaçlarla geliştirilmiş araçlar olup kullanıcının yalnızca bilgi tabanını sağlaması gerektiği türden uygulamalar için geliştirilmiştir. Bunlar hazır hale getirilmiş, çıkarım mekanizması ve bilgi saklama özellikleri ile donatılmış sistemler olup sadece alan bilgisi olmayan içi boş US'lerdir. Ayrıca kullanıcının kendisinin özel çıkarım mekanizması geliştirmesine imkan veren daha gelişmiş sistemler de vardır. Buna örnek olarak EMYCIN kabuğu verilebilir. Bu kabuk, MYCIN US'undan tıbbi bilginin arındırılmasıyla yapılmıştır. MYCIN hastalıkların teşhisinde geriye doğru zincirlemeyi kullanmaktadır. Tıbbi bilgi çıkarılarak EMYCIN yaratılmış ve bu kabuk geriye doğru zincirlemeyi kullanan diğer başvuru sistemleri hakkında bilgiyi içerecek şekilde kullanılabilir haldedir. Böylelikle MYCIN yazılımına ait olan çıkarım mekanizması ve kullanıcı ara yüzü yeniden kullanılır hale gelmiştir. CLIPS, NASA tarafından C programlama dili ile yazılan ileriye doğru zincirleme üretim sistemidir. CLIPS'te doğruluk, bakım, dinamik kural ekleme kullanıcı tarafından ayarlanabilir [13].

Bu çalışmamızda, uzman sistem, HMI yazılım paketi RSView32 kullanılarak gerçekleştirilmiştir. RSView32 yazılım paketinde; programlama dilinin US üretim kuralları yöntemine uygun olması, yeni kuralların eklenmesi, kuralların ayrıştırılması/çıkarılması ve veri tabanı ile uygun çalışması nedeniyle tercih edilmiştir.

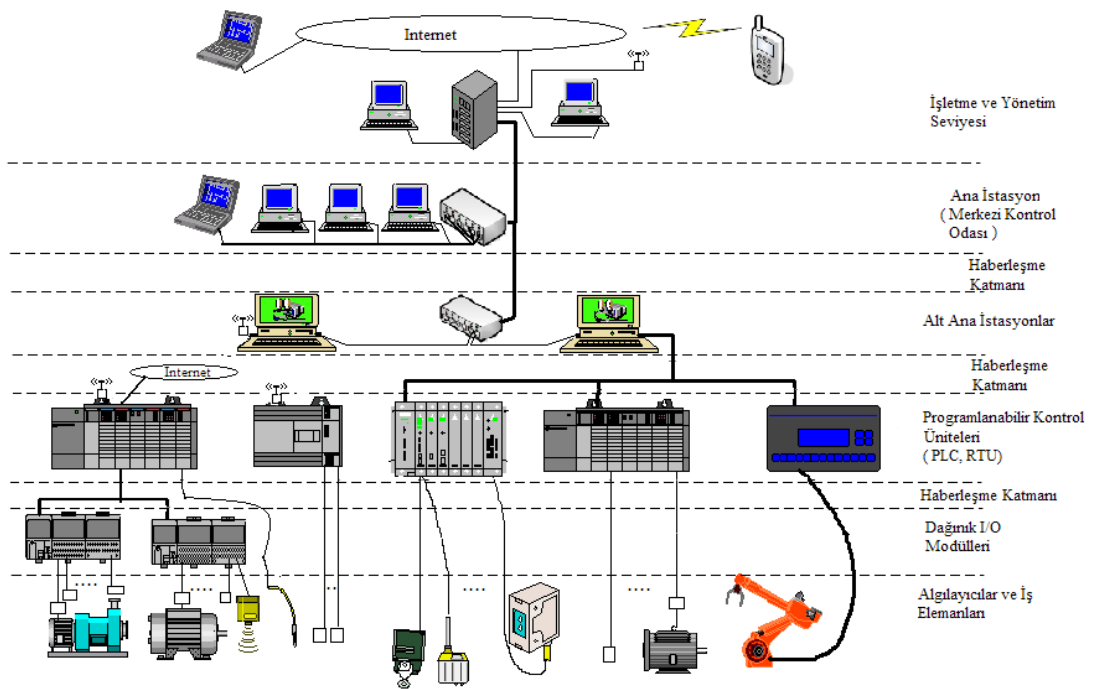
## **II.3. GÖZETİMLİ DENETİM VE VERİ TOPLAMA SİSTEMİ**

Kapsamlı ve entegre bir SCADA (Gözetimli Denetim ve Veri Toplama Sistemi-Supervisory Control and Data Acquisition) sistemi sayesinde , bir tesise veya işletmeye ait tüm ekipmanların kontrolünden üretim planlamasına , çevre kontrol

ünitelerinden yardımcı işletmelere kadar tüm birimlerin otomatik kontrolü ve gözetlenmesi sağlanabilir [23, 24]. Kompleks bir SCADA sistemi Şekil II.9'da görülmektedir.

Entegre SCADA sistemi altı bölüm altında incelenebilir [24, 25]:

- Yazılım paketi,
- Algılayıcılar ve iş elemanları,
- PEKÜ (Programlanabilir elektronik kontrol üniteleri),
- Haberleşme sistemi,
- Ana istasyonlar,
- İşletme ve yönetim seviyesi.



Şekil II.9 Kompleks Bir SCADA Sistemi

SCADA sistemlerini dizayn ederken genelde iki ana yaklaşım vardır. Bunlar; merkezi ve dağıtımli sistemlerdir.

Merkezi yaklaşımda tek bir bilgisayar veya ana bölüm, bütün tesisi izler ve bütün tesis bilgisi bu bilgisayarda bulunan bir veri tabanında tutulur. Bu yaklaşımın dezavantajları [25]:

- Başlangıç maliyetleri küçük bir sistem için oldukça yüksektir,
- Sistemin sabit boyutlarından dolayı tesisi aşama aşama geliştirmek mümkün değildir,

- Ana bölüm bilgisayarında çalışan personelden beklenen beceriler oldukça fazla olabilir.

Dağıtımli yaklaşımda SCADA sisteminin görevleri, bilgisayarlar arasında paylaşılır. Her ne kadar merkezi yaklaşımın dezavantajları dağıtımli yaklaşımla önlenile bile bu yaklaşımın da bazı sorunları vardır [25]:

- Farklı bilgisayarlar arasında iletişim kolay değildir, konfügrasyon sorunlarına neden olur,
- Veri işleme ve veri tabanları sistemdeki bütün bilgisayarlara kopyalanmalıdır, bu durum düşük bir verim sağlar,
- Tesis aygıtlarından veri elde etmenin sistematik bir yaklaşımı yoktur. Eğer iki operatör aynı veriye ihtiyaç duyarsa programlanabilir elektronik kontrol üniteleri iki kez sorgulanır.

SCADA sisteminin kurulacağı tesisin durumuna göre dezavantajlara da dikkat edilerek merkezi veya dağıtımli sistemlerden biri tercih edilir. Gerçekleştirilen DAKS'da, sadece aydınlatma alanı dikkate alındığından merkezi dağıtımli sistem kurulmuştur. Entegre bir SCADA sisteminin bölümleri aşağıda incelenmiştir.

### **II.3.1. Yazılım Paketi**

Yüksek düzey operatör iş istasyonlarına veya bilgisayarlara uyarlanacak yazılım paketi, haberleşme sistemi vasıtasıyla, kontrol panolarına yerleştirilmiş programlanabilir elektronik kontrol ünitelerine bağlanmakta ve işletmenin kontrolü için gerekli veri, bilgi ve komut alış verişini yapabilmektedir [24]. Genellikle dört ana modülden oluşur [25]:

- Veri kazanımı,
- Kontrol,
- Arşivleme veya veri tabanı depolaması,
- İnsan makine arayüzü

Varolan tesisle ilgili yazılım paketinin performansı ve verimliliğinin önemi kadar paket gelecekteki gereksinimleri karşılayabilmeli ve kolaylıkla geliştirilebilir olmalıdır. Sistem gereksinimleri değıştikçe kolaylıkla adapte edilebilmeli ve iş büyüdükçe genişletilebilmelidir. Diğer bir değışle sistem ölçülebilir bir yapı kullanmalıdır [25].

Bir yazılım paketinin olması gereken temel özellikleri aşağıdaki gibi

sıralanabilir [24, 25, 26]:

- Farklı cihazlarla haberleşmek,
- Uygulama editörü,
- Farklı seviyelerde şifreleme,
- Sistemin etkinliklerini kaydetme ve izleyebilme,
- Sistem çalışırken komut girebilme,
- Grafik ekranları için yardımcı kütüphane,
- Reçete dosyası oluşturma,
- Alarm bilgilerini izleme ve kaydetme,
- Veri tutanağı,
- Dahili etiket (tag) oluşturma,
- Farklı veri tiplerini destekleme,
- Farklı haberleşme standartlarını destekleme,
- Kullanıcı haberleşme arabirimlerini yazabilme yeteneği (open system),
- Farklı işletim sistemlerini destekleme,
- Trend işlemini gerçekleştirme.

Çalışmamızda, yazılım paketi, hem aydınlatma sahasının ekran üzerinde nesnelerle oluşturulmasında hem de uzman sistemin gerçekleştirilmesinde kullanılmıştır. Yukarıda sayılan özelliklere sahip yazılım paketi ayrıca Bölüm III.2’de anlatılmıştır.

### **II.3.2. Algılayıcılar ve İş Elemanları**

Saha seviyesinde algılayıcılar ve iş elemanları, kontrol sisteminin sıfır seviyesini oluşturur. Sahaya ait giriş/çıkış sinyalleri dijital/analog olarak bu seviyede oluşur. Bu sinyallerin saha seviyesinde okunması veya saha seviyesinde yazılması PEKÜ veya dağıtık I/O (Input/Output-Giriş/Çıkış) modülleri yardımıyla gerçekleştirilir. Çalışmamızda kullanılan algılayıcılar ve iş elemanları Bölüm III.2’de verilmiştir.

### **II.3.3. Programlanabilir Elektronik Kontrol Üniteleri**

PLC ( Programmable Logic Controller – Programlanabilir Kontrolör) ve RTU (Remote Terminal Unit – Uzak Terminal Birimi) cihazları PEKÜ bölümünü

oluşturur.

PEKÜ kontrol alt birimlerine, işletme ünitelerine, çalışma sahasına ait saha cihaz ve enstrümanlarına bağlanarak gerekli veri alış-verişini sağlarlar. PEKÜ'deki bilgi ve veriler bir yandan SCADA sisteminin üst katmanlarına iletirken bir yandan da, işletme fonksiyonlarını yerine getirmek için yazılım programı gereğince, kontrol görevlerini yerine getirir [24].

PLC saha seviyesinde giriş/çıkış elemanları ve üzerindeki donanımı kullanarak, süreç/süreçleri belleğine yazılan program veya bir haberleşme ağı üzerinden aldığı veriler ile kontrol eden işlemci tabanlı endüstriyel bir bilgisayardır. 1969 yılından itibaren röleli sistemlere alternatif olarak kullanılmaya başlanan PLC, günümüzde endüstriyel otomasyonun kalbidir.

PLC'nin röleli sistemlere göre tercih edilmesinin temel sebepleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Özellikle kompleks sistemlerde ekonomik olması,
- Esneklik (programlama, genişletme)
- Makine üreticileri için benzer uygulamalarda büyük kolaylık,
- Haberleşme imkanları,
- Hata teşhis ve giderme imkanı,
- Enerji tasarrufu,
- Farklı kontrol yöntemlerini uygulama imkanı,
- Tasarım, kurulum ve dokümantasyon aşamalarında zaman tasarrufu.

PLC'lerin programlanması için IEC 1131-3 standardı, beş dil önermektedir. Bunlar [27]:

- Merdiven diyagramı (Ladder Diyagram)
- Komut listesi
- Yapısal programlama
- Fonksiyon blok diyagram
- Ardışık fonksiyon grafik programlama.

Endüstriyel otomasyonda gelişmelere bağlı olarak PLC'nin yaptığı kontrol görevlerinin PC ortamına taşınması ile soft PLC ve slot PLC ortaya çıkmıştır. Soft PLC'de işlemci olarak PC'nin işlemcisi kullanılır. Slot PLC'de PC'nin slotunu yerleştirilen kart üzerindeki işlemciyi kullanır.

PC tabanlı kontrol kavramı; kontrol, HMI, data işleme ve haberleşmeyi

kapsamaktadır. PLC'nin ana fonksiyonu kontrol görevidir. Kontrol işlerinin az ama enformasyon teknolojisi boyutunun çok olması gereken uygulamalarda PC tabanlı kontrol tercih edilebilir [28].

RTU genellikle mikroişlemci bazlı, veri toplama ve kontrol ünitesidir. En önemli görevi; uzak noktalardaki işlem elemanlarından veri toplamak, kontrol etmek ve bu verileri merkez istasyona transfer etmektir [25]. PLC ile RTU arasındaki en belirgin farklılıklar Tablo II.2'de verilmiştir [28].

**Tablo II.2 PLC ile RTU Sistemleri Arasındaki Temel Farklılıklar**

| Fonksiyon                                                                                      | PLC     | RTU                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------|
| Tüm I/O ve haberleşme modüllerinde izolasyon seviyesi                                          | 500V    | 2500V                |
| İzlenen tüm değer, alarm ve konum bilgilerine 1 milisaniye hassasiyetle zaman etiketi atılması | yok     | var                  |
| Bilgi işleme prensibi                                                                          | çevrim  | kesme (interrupt)    |
| Üst sistemle haberleşme prensibi                                                               | sürekli | değişiklik olduğunda |
| Değişik protokoller ile haberleşme imkanı                                                      | sınırlı | geniş imkan          |
| Her kartta dijital giriş/çıkış, analog giriş/çıkış                                             | yok     | var                  |

Çalışmamızda, DAKS kritik bir proses olmadığından PEKÜ olarak PLC kullanılmıştır. Kullanılan PLC hakkında geniş bilgi Bölüm III.2'de verilmiştir.

### II.3.4. Haberleşme Sistemi

Haberleşme katmanları; saha seviyesinden alt ana istasyonlara, alt ana istasyonlardan işletme ve yönetim seviyesine kadar tüm veri ve bilgileri iletecek bir yapıdadır. Haberleşme sistemleri amaca göre saha veri yolları, Ethernet, kablosuz haberleşme, Internet, telefon hattı, uydu haberleşmesi olabilir [24, 25].

Saha üzerinde dağıtık yerleştirilen PEKÜ cihazları kendi arasında ve PEKÜ'nün alt katmanlarında yerel alan ağ yapılarından saha veri yollar standartları yaygın olarak kullanılmaktadır. DAKS'da sahanın geniş olması nedeniyle PLC'nin alt katmanında dağıtık I/O'lar kullanılmıştır. PLC ve dağıtık I/O'ların kendi aralarındaki haberleşme, saha veri yolu standartlarından Universal Remote I/O ile gerçekleştirilmiştir. Saha veri yolları hakkında teorik bilgi Bölüm II.4 de geniş olarak işlenmiştir. Ayrıca standartta kullanılan modüller, Bölüm III.2'de tanıtılmıştır. PLC ile yönetim seviyesi arasındaki haberleşmede ise Ethernet kullanılmıştır.

SCADA sistemi LAN (Local Area Network – Yerel Alan Ağı) ve WAN (Wide Area Network – Geniş Alan Ağı) için istemci/sunucu (client/server) yeteneğine sahip bir ağ türünü desteklemelidir [24].

LAN, aynı çalışma ortamında birbirleriyle ilgili işlerde çalışan bir topluluk içinde veri alış verişi ve bilgisayarların CPU, disk gibi kaynaklarının ve yazıcı, çizici gibi cihazların paylaşması amacıyla geliştirilmiştir. LAN’larda temel özellik, sistemlerin aynı ortamda veya birbirlerine yakın mesafede olmasıdır. Bu nedenle sistemler arasında kullanılacak kabloların seçiminde büyük esneklik vardır ve kablolama alt yapısı bir kez kurulduktan sonra maliyetsiz bir iletişim ortamı sağlar. LAN uygulamalarında yoğun olarak kullanılan birkaç teknoloji vardır. Bunlardan Ethernet teknolojisi ucuzluğu, kurulum kolaylığı, değişik hızlarda uygulama çeşitliliği olması ve bu teknolojiyi içeren ürünlerin çokluğu açısından yoğun olarak kullanılmaktadır [29].

WAN’lar birbirinden çok uzakta olan kampus türü ağları ve LAN’ları birbirine bağlar. Temel özellik mesafenin çok uzak olması ve aradaki iletişim ortamının bir telekom (örneğin Türk Telekom) şirketinden kiralanmasıdır [29].

Endüstriyel bir tesiste hammadde girişinden ürün çıkışına kadar olan süreçte tüm saha bilgilerinin hem sahadan hem de yönetim birimlerinden kontrol, karşılıklı bilgi paylaşımı, üretim planlama, bakım-onarım gibi birçok sistemin birbiriyle bağlanması, entegre olması gerekir. Tüm bileşenlerinin entegrasyonu ve bunların birbirlerine koşut çalışabilmeleri ancak geniş iletişim ağları kurmakla gerçekleşir. Bu iş yapabilmek için otomasyon da yatay entegrasyon (yatay otomasyon) ve dikey entegrasyon (dikey otomasyon) kavramları ortaya atılmıştır [28].

Yatay entegrasyon, hammadde girişinden paketlemeye kadar kullanılan tüm cihazların, yazılımların, PLC cihazlarının, kontrol cihazlarının, PC sistemlerinin standart bir yapıda olması, birbirleriyle haberleşebilmesi, bilgi akışının tüm işletme sürecine entegre olmasıdır. Yatay otomasyon, günümüzde başarı ile uygulanmaktadır [28].

Dikey entegrasyon, saha düzeyinden proses kontrol düzeyine ve işletme kontrol düzeyine, oradan da yönetim seviyesine kadar veri akışının, her iki yönde sağlanmasıdır. Günümüzde bu konuda istenilen düzeye ulaşamamıştır. Bu yöndeki çalışmalar halen devam etmektedir [28]. Özellikle Ethernet kullanımı, yakın gelecekte dikey otomasyonun geliştirilmesinde, önemli katkıları olacaktır.

Kontrol birimleri arasında Ethernet ile veri iletişimi diğer çözümlere kıyasla

çok daha kolaydır. Ethernet'e bağlı birden fazla kontrol biriminin değişkenlerini aynı anda tek bir PC'den izleyebilme olanağı bile kontrol birimlerini bir ağ örgüsü içerisinde düzenlemek için yeterli bir nedendir. Saha cihazlarını kontrol etme ve yönetim/ofis birimleri ile imalat birimleri arasında bağlantı kurma Ethernet üzerinde çok daha kolay olur. Çok basit olmakla birlikte, uygulamada kendini kanıtlamış olan ağ komponentleri, otomasyon verileri ile bilgi işlem verileri arasında iletişime izin verir. Bu iletişimde, günümüzde ofis dünyasında yaygın olarak kullanılan birtakım komponentler ile yapılır: DDE (Dynamic Data Exchange) arabirimi geleneksel bir Windows iletişim aracıdır, ActiveX komponentleri bunun daha çağdaş ve çok daha esnek bir versiyonudur, OPC (OLE for Process Control) sunucusu ise uluslararası standartta bir çalışma aracıdır. [28].

Otomasyonda Ethernet'in kullanımında ana amaç sahadaki bilgilerin yönetim kademesindeki yetkililer tarafından paylaşılmasıdır. Artık kimse ihtiyaç duyduğu bilgiyi uzun süre aramak, bilginin peşinde koşmak istememektedir. Önemli olan bilginin kişinin ayağına anında ve ucuza gelebilmesidir. Web teknolojileri ile bilgiye ulaşma, etkin ve ekonomik biçimde yapma olanağı vardır. Örneğin arıza raporunu, sıcaklık, basınç, ürün miktarı gibi saha seviyesindeki istenilen her türlü bilgiye ulaşmada hız, doğruluk, zaman tasarrufu, değişikliklere en kısa ve etkin bir şekilde adapte olma sağlanmıştır. Bu paylaşım, günümüzde en önemli kavramlardan biri haline gelen toplam bilgi yönetimi (Total Knowledge Management) çerçevesinde bilgilerin paylaşımı açısından büyük önem taşımaktadır [28].

Internet teknolojisinin otomasyon sistemlerine entegrasyonu, kontrol teknolojilerine yeni bir boyut getirmekte ve üretim sürecinin mantığını köklü bir şekilde değiştirmektedir. Bu sistemin en büyük avantajı prosesle ilgili bilginin sadece kontrol odasında kapalı kalmaktan kurtulup dünyanın herhangi bir yerinden ulaşılabilir hale gelmesidir. Bu sayede yetkili kişilerin istedikleri zaman kendi sistemleri ile ilgili ayrıntılı bilgilere ulaşmaları hatta ona müdahale etmeleri mümkün hale gelmektedir. Örneğin gerçek zamanlı olarak PLC'nin Internet adresini vererek üretimdeki bilgilere, hatta diagnostik (hata arama, tanı, teşhis) ile ilgili bilgileri erişmek mümkündür. Bu erişim bir SCADA sistemi içinde kullanılan bir yazılıma ihtiyaç göstermektedir. Burada ifade edilen dikey otomasyondur. Dikey otomasyon yapılırken açık ara yüzler, sistemlerin birbirleriyle haberleşmesi önemlidir. Bu konularla ilgili birçok standart olmakla birlikte en yaygın kullanılan OPC (OLE for Process Control) standardıdır [28].



OPC farklı şekillerde tanımlanabilir: Farklı firmalara ait ürünlerin birbirleriyle haberleştirmek için kullanılan ortak bir yoldur. Programlar arası bilgi alışverişini sağlamak için kullanılan teknolojidir. Bu alışveriş herhangi bir protokol üzerinden olabilir. Örneğin, TCP/IP üzerinden OPC teknoloji kullanılabilir. OPC, farklı donanım bileşenlerinin HMI/SCADA uygulamalarına bağlantısı için standart bir aracı birimi olarak da tanımlanabilir. [30, 31].

### **II.3.5. Ana İstasyonlar, İşletme ve Yönetim Seviyesi**

Ana istasyonlar (alt ve merkezi kontrol) farklı programlanabilir elektronik kontrol ünitelerinden veri toplar ve genellikle bilgi gösterimi ve uzak bölge kontrolü için operatör bağlantısı sağlar [25].

İşletme ve yönetim seviyesinde, işletmenin üretim için gerekli kaynakların planladığı bu katman da üretim ve hizmet politikalarını destekleyecek kararlar alınır ve uygulanır. Hizmet ve üretim yönetimi departmanları ile diğer departmanlar arasındaki işbirliği gerçekleşir. Bu katman, entegre SCADA sistemin zirvesini oluşturur. Burada işletme kaynakları planlanması (Enterprise Resource Planning – ERP) yazılımları bu düzeydeki yönetim fonksiyonlarını desteklemek amacıyla kullanılırlar. Entegre bir SCADA kontrol sisteminin bu katmanında en alt katmandan gelen veriler değerlendirilerek işletmelerin stratejileri geliştirilir , politikalar saptanır ve işletme ile ilgili önemli kararlar alınır [24].

Ana istasyonlar, işletme ve yönetim seviyesinde haberleşme katmanlarında LAN teknolojileri kullanılır. Bu seviyelerde Ethernet en yaygın kullanılan teknolojidir.

## **II.4. SAHA VERİ YOLU**

Çalışmamızda, aydınlatma kontrol ve izleme sahasının geniş olmasından dolayı PLC ile dağıtık I/O'lar arası haberleşmeyi gerçekleştirmek için kullanılan saha veri yolu hakkında genel bilgi verilecek daha sonra kullandığımız saha veri yolu standardı URIO tanıtılacaktır.

Saha veri yolu (Bit Serial Fieldbus – Fieldbus), modern tesislerdeki, üretim bileşenlerinin entegrasyonu ve birbirlerine koştur çalışabilmesi için saha ve otomasyon seviyelerinde tanımlanmış endüstriyel iletişim ağlarına verilen genel bir isimdir. Saha veri yolundan önce geleneksel metotla özellikle endüstriyel tesislerde

PLC'lerin giriş/çıkış kartlarına sinyallerin paralel kablolarla taşıma zorunluluğu ve sinyal sayılarının artmasına paralel artan kablo sayısı sistemlerin geliştirilmesine engel oluşturmaktaydı. Bu dezavantajları ortadan kaldırmak için alternatif bir iletişim yönteminin kullanılması gerekliliğini doğurmuştur. Bu noktada, PLC panolarında CPU'ların yanına veya CPU kendi içine yerleştirilebilir bir başka iletişim kartı üretildi ve sinyaller özellikle uzaktaki sinyaller panoya seri protokoller üzerinden iletildi. Sahalarda ki klemens kutularının yerini bu sefer saha veri yolu haberleşme sisteminin dağıtık giriş/çıkış modülleri yer aldı [32].

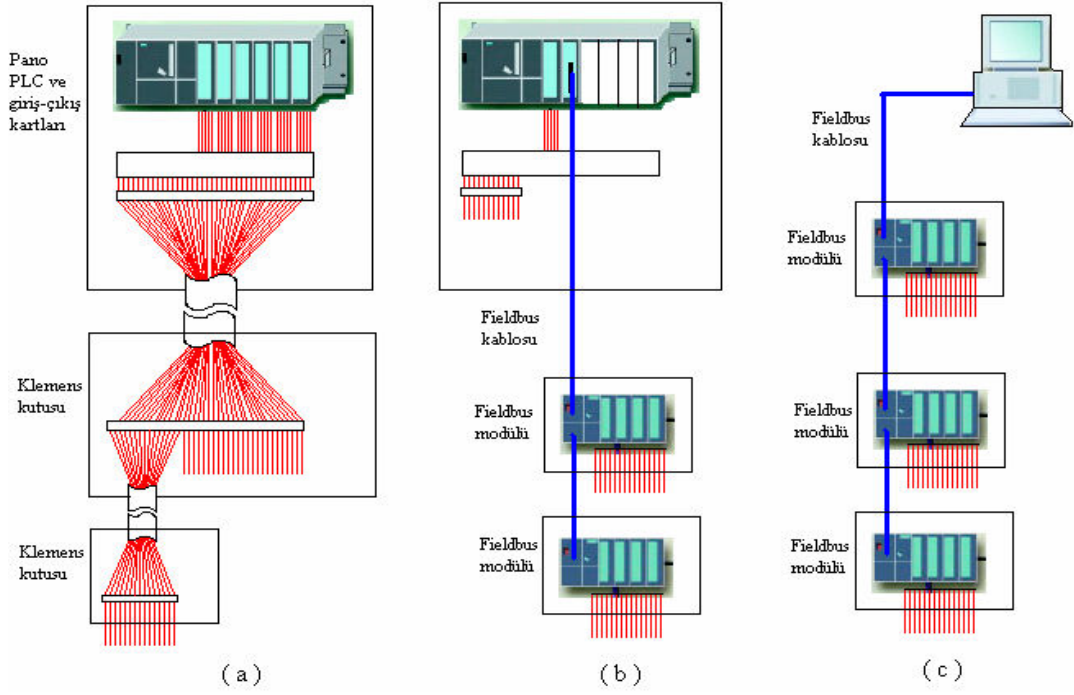
Geleneksel metodun dezavantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir [32]:

- Yüksek projelendirme ve devreye alma masrafları,
- Yüksek arıza oranı,
- Sabit ve karışık yapı,
- Sistemi geliştirmenin zor ve masraflı olması,
- Verimsiz bir yapı,
- Bakım zorluğu,
- Yüksek kablo ve kablolama aksesuarı ve diğer donanım malzemelerinin kullanımı,
- Dış etkenlere karşı duyarlılık, sık yaşanan izolasyon problemleri,

Saha veri yolunun geleneksel sisteme göre avantajları [32]:

- Azalan; projelendirme ve devreye alma masrafları,
- Hızlı, basit montaj ve devreye alma,
- Kablolama masrafları ve zamandan büyük tasarruf,
- Hata teşhis imkanları ve kolay arıza takibi,
- Dış etkenlerden etkilenme düzeyi çok düşük,
- Genişleme imkanı,
- Yüksek verimlilik,
- Sistem durdurulmadan bakım imkanı,
- Özellikle panolarda yerden kazanım,

Saha veri yolunun avantajları ve gelişimi sonucu endüstriyel tesislerde PC tabanlı kontrol kavramının uygulama alanı genişlemiştir. Şekil II.10'da geleneksel sistem, saha veri yolu (Fieldbus) ve PC tabanlı kontrol yapıları görülmektedir [32].



**Şekil II.10 Geleneksel ve Saha Veri Yolu Kablolama Yapısı a) Geleneksel Sistemlerde Kablo Bağlantıları, b) PLC Tabanlı Kontrolde Veri Yolu, c) PC Tabanlı Kontrolde Saha Veri Yolu**

Günümüzde çeşitli firmalar yaklaşık olarak kırk farklı veri yolu standartları oluşturmuştur. Bazıları; Universal Remote I/O, DeviceNet, Modbus, Profibus, AS-I, Interbus, CANOPEN.

Saha veri yolları çok farklı şekilde sınıflandırılabilir. Şekil II.11’de bağlantı maliyetleri, tepki zamanı, mesafe ve bilgi değişim türüne göre sınıflandırılmıştır [33].

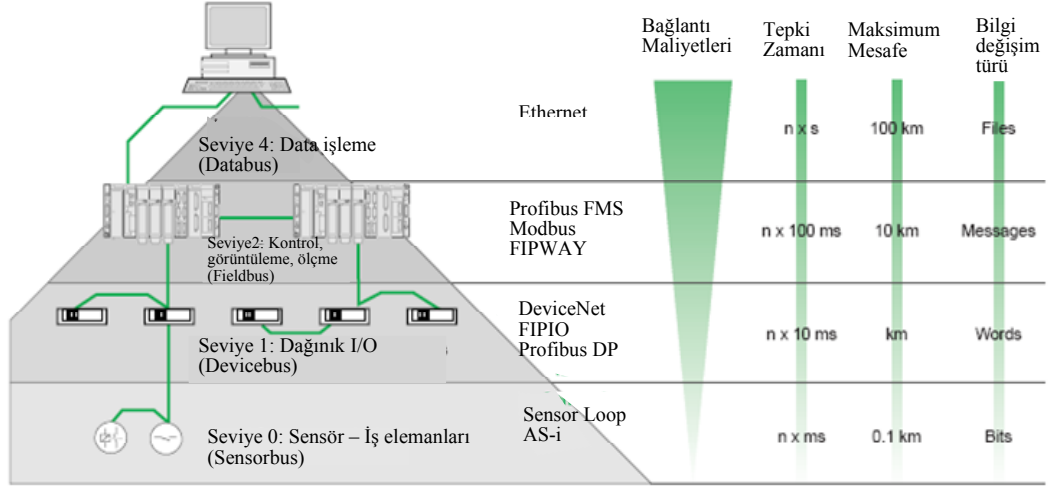
Saha veri yolu taşıyan bilgilere göre aralarında sensör veri yolu (Sensorbus) yani bit bazında bilgi taşıyan sistemler, aygıt veri yolu (Devicebus) yani word veya byte bazında bilgi taşıyan sistemler ve saha veri yolu (Fieldbus) denen komple karmaşık dataları taşıyan sistemler olarak ayrılır [34].

Saha veri yolları kullanım alanlarına göre ikiye ayrılabilir [32]:

- Endüstriyel sistemler,
- Bina otomasyonu.

Saha veri yolları kullanım şekline göre üç şekilde incelenebilir:

- PLC tabanlı sistemler,
- PC tabanlı sistemler,
- DCS sistemleri.



**Şekil II.11 Saha Veri Yolunun Bağlantı Maliyetleri, Tepki Zamanı, Mesafe ve Bilgi Değişim Türüne Göre Sınıflandırılması**

Saha veri yolları kontrol yapısına göre üç başlıkta görülebilir:

- Merkezi kontrol sistemi,
- Merkezi olmayan kontrol sistemi,
- Merkezi olmayan akıllı kontrol sistemi.

Çalışmada kullandığımız URIO standardına ait özelliklerine geçmeden önce saha veri yolu standartlarındaki kontrol yapısı, seçim kriterleri ve topolojisi hakkında genel bilgi verilecektir.

## II.4.1. Saha Veri Yolu Kontrol Yapısı

DAKS’da kullandığımız URIO, merkezi kontrol yapısına sahip olduğu için kontrol yapısında öncelikle merkezi kontrol yapısı açıklanacaktır. Bu çalışmada, merkezi kontrol sisteminde kullanılan elemanlar, bağlantıları ve özellikleri Bölüm III.1 ve Bölüm III.2’de anlatılmıştır.

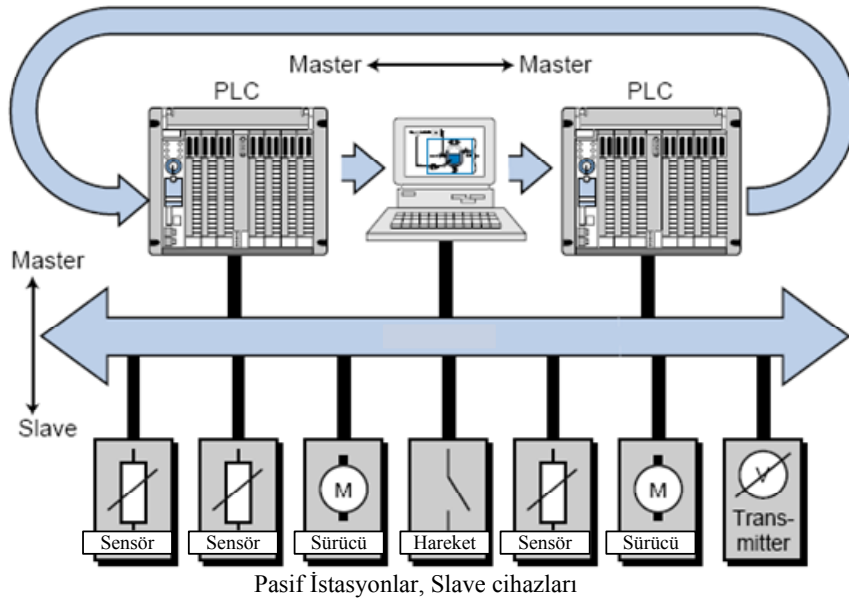
### II.4.1.1. Merkezi Kontrol Sistemi

Veri yolunu ve prosesi kontrol eden sadece bir kontrol istasyonunun bulunduğu sistemler merkezi kontrol sistemi olarak adlandırılır. Bu istasyon *master* olarak adlandırılır. *Master* cihazına bağlı bir veya birden çok saha cihazları bulunur. Bunlar *slave* olarak adlandırılır. Bu sistemlerde saha cihazlarının kendi inisiyatifleri ile kontrol istasyonu veya başka bir saha cihazı ile iletişim kurma şansı yoktur. Bu “*master-slave*” iletişim olarak adlandırılmaktadır ve misyonu sadece saha seviyesindeki sinyalleri (sensörler, iş elemanları, sürücüler) kontrol seviyesine (PC,

PLC) aktarmaktır. Merkezi kontrol yapısında *master* biriminin arızası veya kablo kopması genelde tüm sistemin devre dışı kalması, düşük güvenilirlik, ağ topolojisinde kesin sınırlar ve kablo hatlarının karmaşık olması dezavantaj olarak görülmektedir. Avantajları ise basit teknoloji, kolay geliştirilebilir olması, çok daha fazla kullanıldığı için maliyetler ve bakım kolaylığı olarak sayılabilir. [32].

#### II.4.1.2. Merkezi Olmayan Kontrol Sistemi

Veri yolunun ve prosesin kontrolünün birden çok kontrol istasyonu ile yapıldığı “*multi-master*” sistemleridir. Bu yapıda genellikle her kontrol istasyonunun kendi “*slave*” leri vardır ve aralarında yine “*master-slave*” bir yapı bulunmaktadır. Merkezi olmayan kontrol yapısında *master* arızası veya kablo kopması sadece belirli bir bölge devre dışı kalır. Ağ topolojisinde sınırlamalar vardır. Sistemin güvenilirliği ve performansı merkezi yapıya göre daha üstündür [32]. Şekil II.12’de merkezi olmayan kontrol sistemine bir örnek görülmektedir [35].



Şekil II.12 Merkezi Olmayan Kontrol Sistemi

#### II.4.1.3. Merkezi Olmayan Akıllı Kontrol Sistemi

Bu sistemlerde kontrol mantığı, saha veri yolunun yönetimi tamamen saha modüllerine dağılmıştır. Saha modüllerin hepsinin akıllı olduğu ve prosesin kontrolünü önceden kendilerine öğretildiği şekliyle, saha veri yolu üzerinden birbirleriyle konuşarak gerçekleşir. Sadece konfigürasyon veya izleme noktasında

SCADA bir izleyici olabilir. Akıllı kontrol sistem yapısında uygulama aşaması biraz daha güçtür, bakım biraz daha maliyetlidir. Maliyetlerin yüksek olmasına rağmen ileri teknoloji söz konusudur. Ağ yapısındaki sınırlamaların kalkması, yüksek güvenilirlik, sistemin çok daha açık olması, performans, çok sayıda uygulama yapılabilmesi ve yine ileri teknoloji olması artıları olarak özetlenebilir [32].

## **II.4.2. Saha Veri Yolu Seçim Kriterleri**

Endüstriyel sahada veya bina otomasyonu için en uygun saha veri yolunun seçimi belli başlı kriterlerin uygulanmasına bağlıdır. Birincisi, uygulama ihtiyaçları. Gıda sektöründe uygulanan bir sistem, demir-çelik veya şişe-cam sektöründe farklı ihtiyaçlar hissettirir. Uygulama ihtiyaçlarında en başta maliyetten dolayı mevcut ekipmanlarla uyum içinde çalışabilecek bir sistem arzu edilebilir. İkinci sırada, normalde kullanıcının sistem kontrolü için ihtiyaç duyduğu hız ve zaman göz önünde bulundurulur. Üçüncü sırada ise ekipmanların bulunabilirliği. Aynı zamanda sisteminizin kapasitesi. Her saha veri yolu standardının sınırlı sayıda I/O ile belirli bir sistemi kontrol etme kapasitesi vardır. En son koşul ise fiziksel koşullardır. Fiziksel koşulları üretimden gelen kişiler, üretimde çalışanlar belirler. Fabrika ortamında veya bir sistemde, üretime bağlı olarak değişik koşullar vardır. Gıda üretim tesisinde rahatlıkla bakır kablo kullanılabilir ama bir demir-çelik tesisinde yüksek fırının yanında bakır kabloyla sinyal taşınmaz. Bu durumda fiber optik kablo kullanılma zorunluluğu vardır ve seçilen sistemde bu tip aktarma ortamına sahip olması gerekir. İkinci büyük kriterimiz ise maliyettir. Maliyet; satın alma, kurulum, kullanıcı eğitimi ve bakım maliyetlerini kapsar [34].

Veri taşıma kapasitesi, veri taşıma hızı ve sistemin cevap verme süresi. Bir proseste 1-2 saniye çok önemli değil iken bazı proseslerde 100 mili saniye hızlar önem taşıyabilir. Ağ topoloji diğer önemli bir kriterdir. Aynı şekilde mesafe önemlidir. Bazı sistemler 100 metre hatlar üzerinde kurulabilir. Petro-kimya gibi tesislerde ise kilometrelerce uzunlukta olabilir [34].

Kullanım kolaylığı ve sistemin açık sistem olması. Açık sistem kavramı; saha veri yolu sisteminin sadece bir üreticiden değil farklı üreticilerden temin edilme imkanıdır [34].

Kullanıcı için önemli seçim kriterlerinden biri sistemde hata teşhis (diagnostik) imkanlarının olmasıdır. Bir bakım mühendisinin en önemli sorumluluğu herhangi bir

arıza anında sistemi en kısa sürede devreye almaktır. Hata teşhis, kendi içinde farklı seviyeleri var. İlk seviye haberleşme seviyesi, sistemi çalıştırırken her hangi bir hata oluştuğunda sistemi durdurmadan ağ üzerinden öğrenebilmesidir. Bir sonraki seviye cihazın kendi seviyesi, çünkü arıza cihazda olabilir. Cihazı test etme imkanı önemlidir. Bir sonraki seviye saha cihazlarının birbirleriyle etkileşimi çalışmaları testi ve son seviye tesisin komple hata teşhisi. Bu seviyeler saha veri yolu tarafından karşılanmalıdır. Eğer hata teşhis imkanı ve sistem çöktüğünde hiçbir test imkanım yok ise küçük sistemler için çok sorun olmasa bile, 10-15 bin I/O ‘ ya çıktığı zaman arızayı teşhis etmek oldukça zordur [34].

### **II.4.3. Topoloji**

Topoloji, iletişim sistemini oluşturan bileşenlerin arabağlaşımını, sistemin işlevini ve coğrafi konum açısından iletişim sisteminin şeklini belirler. Coğrafi konuma göre iletişim sistemleri LAN ve WAN olarak ikiye ayrılır. LAN’da yoğun olarak ortak yol, yıldız, halka topolojileri kullanılırken WAN’da ağaç ve örgü topolojisi kullanılır [29]. Saha veri yollarında da bu topolojiler kullanılmaktadır.

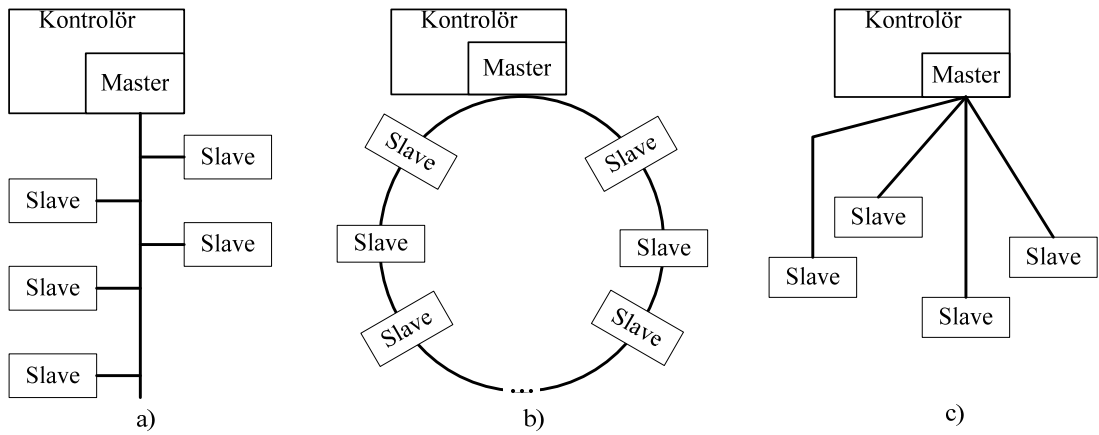
Bu çalışmada, saha veri yolu olarak kullandığımız URIO standardı, ortak yol topolojisine göre kurulduğu için öncelikle ortak yol topolojisi açıklanacaktır. Farklı standartlarda kullanılan diğer topolojilerde tanıtılacaktır. URIO standardında ki ortak yol topolojisinde kullanılan kablo ve diğer elemanlar Bölüm II.4.5’de anlatılmıştır.

Ortak yol topolojisinde ağdaki tüm cihazların bulunduğu düğümler aynı bir ortak iletim ortamı üzerinden haberleşirler. Veri ve denetim işaretleri aynı anda tüm düğümlere birden gönderilir. Her düğümün bir adresi vardır. Düğümler yol üzerindeki her mesajı okurlar ve yalnızca kendilerini adresleyen işlerler. Ortak yola yeni düğüm ekleme kolay olur, ancak her yeni eklenen düğüm başına düşen yol kapasitesini azaltır [29]. Şekil II.13.a’da ortak yol topolojisi görülmektedir [34].

Halka topolojisinde, Şekil II.13.b’de görüldüğü gibi her düğüm komşu iki düğüme bağlıdır. İletim yolu halka biçimindedir. Yolu ele geçirilmesi için en yaygın kullanılan yöntem jetonu halka üzerinde dolaştırmaktır. Yolu kimin kullanacağını, yolda dolaşan jeton belirler; jetonu ele geçiren düğüm, onu yoldan alıp yola verisini koyar. Göndereceği veri bittikten sonra jetonu yeniden yola koyar. Aynı düğüm tekrar veri göndermek isterse jetonu ele geçirene kadar beklemelidir. Halka topolojisinin olumlu yanı yoğun iletişim anında bile başarımını fazla

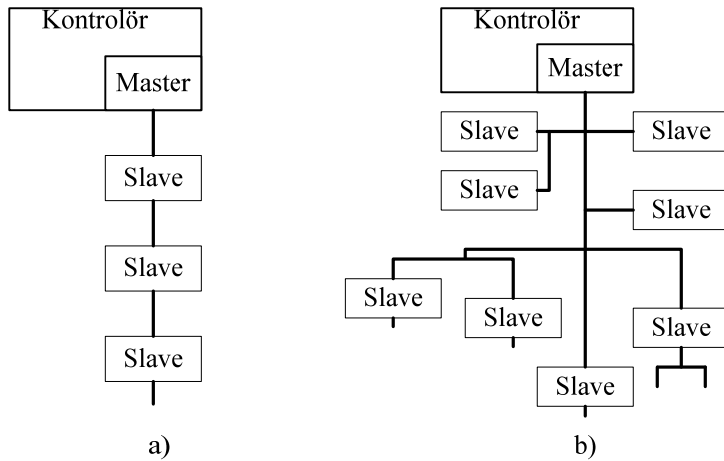
düşürmemesidir. Ancak ağ üzerine yeni kullanıcı eklemesi zahmetlidir. Halka üzerinden veri alış-verişi uygulamaya göre tek veya iki yönlü olabilir [29].

Yıldız topolojisinde, düğümlerin tamamı merkezi noktadaki bir cihaza bağlıdır. Ağ üzerindeki tüm trafik, bu merkezi noktadan geçer. Günümüzde ağ uygulamalarında yoğun olarak yıldız topoloji kullanılmaktadır. Yıldız topolojide ağ üzerine yeni düğüm kolayca eklenebilir. Ancak her düğüme ayrı ayrı kablo çekilmesi gerekliliği maliyeti artıran bir unsurdur. Merkezdeki düğüm bozulduğunda tüm iletişim kopar [29]. Şekil II.13.c’da yıldız topoloji görülmektedir [34].



**Şekil II.13 Saha Veri Yolu Topolojileri a) Ortak Yol, b) Halka, c)Yıldız**

Şekil II.14.a’da görülen ağaç topolojisi hiyerarşik topoloji olarak da anılır; bu topolojide veri yönetim ve işleme sorumluluğu farklı farklı olan sistemler sorumluluk düzeyine göre sıralanarak bir ağaç yapısında bağlanırlar [29]. Saha veri yollarında kullanılan hat topolojisi de Şekil II.14.b’de görülmektedir [34].

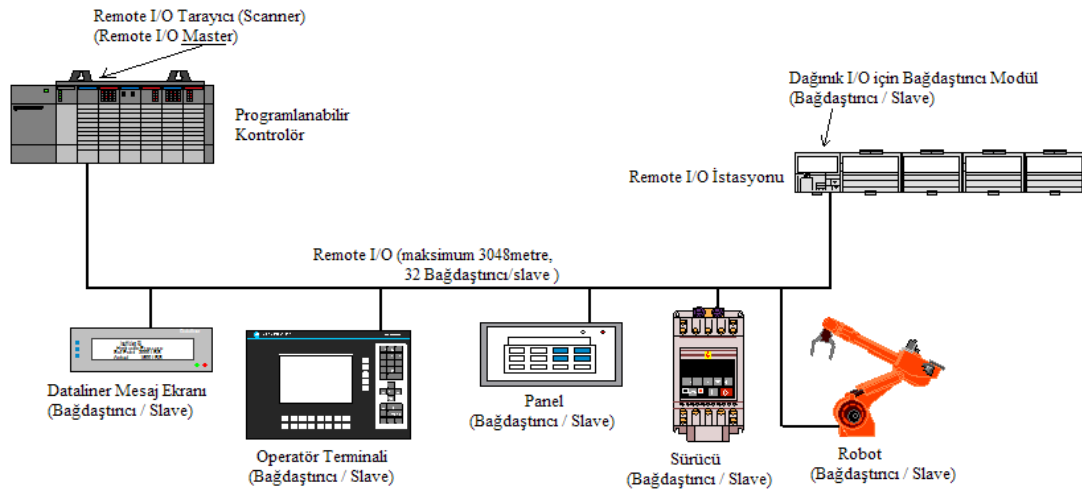


**Şekil II.14 Saha Veri Yolu Topolojileri a) Hat, b) Ağaç**



## II.4.4. Universal Remote I/O

URIO/RIO (Universal Remote I/O) DAKS'da uygulama sahasının geniş olması nedeniyle kullanılan saha veri yolu standardıdır. RIO, Allen-Bradley firması tarafından geliştirilmiş saha veri standartlarından biridir. RIO, belirli mesafelerdeki dağıtık I/O veya farklı üniteler arasında haberleşmeye imkan verir. Örneğin, PLC, CNC'ler (Computer Numerical Controllers), operatör panelleri, pnömatrik valf adaları, robotlar (Fanuc, ABB, Kawasaki, Kuka, Motoman, Comau, Nachi), operatör terminalleri, dağıtık I/O modülleri (Flex, Flex Integra), sürücüler. Şekil II.15'de farklı cihazların bağlandığı RIO saha veri yolu yapısı görülmektedir [38].



Şekil II.15 Universal Remote I/O Yapısında Farklı Cihazların Bağlantısı

RIO merkezi olmayan kontrol yapısına sahiptir (*master-slave*). RIO tek bir *master* ve çoklu *slaveler*den oluşur. PLC'lere yerleştirilen bir tarayıcı (Scanner) modül, *master* görevini gerçekleştirir. RIO ağ üzerine bağdaştırıcı/slave olarak farklı cihazlar bağlanmaktadır. RIO'da maksimum 3048 metre kablolu iletişim sağlanabilir. Tablo II.3'de RIO haberleşme mesafeleri ve veri iletişim hızları verilmiştir [39].

Tablo II.3 Remote I/O Haberleşme Mesafeleri ve Haberleşme Hızları

| Veri İletişim Hızı | Mesafe (metre) | Sonlandırma direnci  |
|--------------------|----------------|----------------------|
| 57.6 kbit/s.       | 3048           | 82.5 ohm veya 150ohm |
| 115.2 kbit/s.      | 1524           | 82.5 ohm veya 150ohm |
| 230.4 kbit/s.      | 762            | 82.5 ohm             |

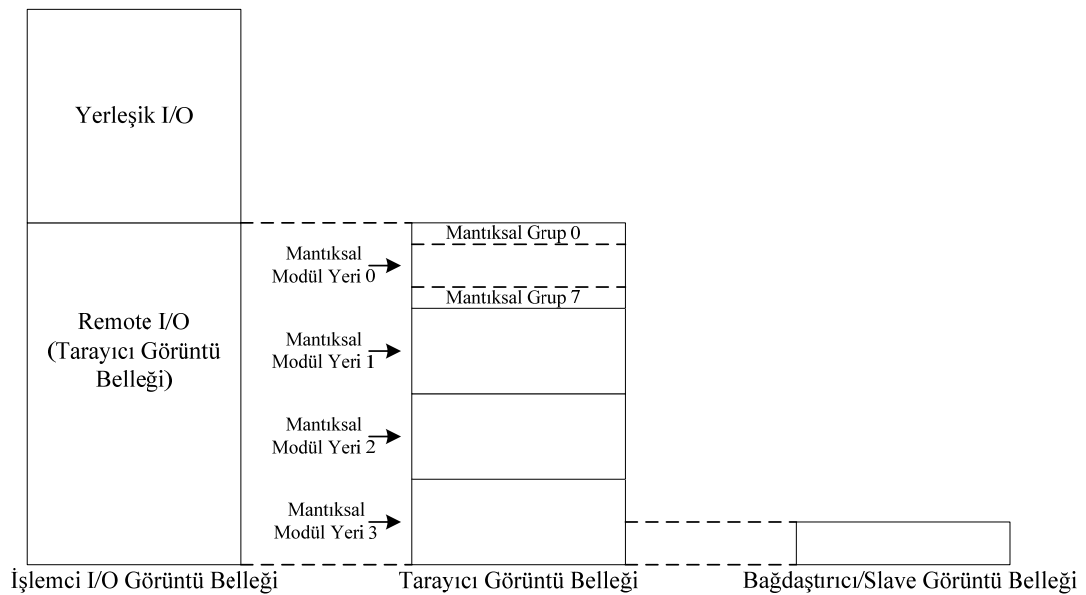
Veri taşıma kablosu 100 ohm iç empedans ve 50.9 pF kapasiteye sahip ikili ve

ekranlı kablo olup, hattın her iki ucunda sonlandırma direnci kullanılır. Sonlandırma dirençleri Tablo II.3’de görülmektedir. RIO’da saha veri yolu topolojilerinden *ortak yol* kullanılır. Tek bir ağ boyunca maksimum 32 bağdaştırıcı/slave/istasyon bağlanabilir. Bağdaştırıcı/Slave adreslemelerinde, istasyon uyumlu adresleme yapılır. RIO standardında bilinen en güçlü ve en pratik hata sezme metodu “CRC (Cyclic Redundancy Check)” (16 bit) kullanılır [38].

PLC veya PC’ye takılı her bir *master* kartının her bir ağ taramasında her RIO istasyonun her bir I/O modülüne/modülünden 8,16,32 bit veya blok transfer metoduyla 64 kelime (word) veri transfer imkanı vardır [38].

#### II.4.4.1. Remote I/O Master Görüntü Belleği

İşlemci veri belleğinin belirli bir alanı yerleşik I/O ve RIO *master* için ayrılır. RIO için ayrılan alan 4 parçaya bölünür ve her birisine *mantıksal modül yeri* (logical rack) adı verilir. Her mantıksal modül yeri 8 giriş ve 8 çıkış kelime (word) alanına sahiptir. Her bir giriş ve çıkış kelime alanına *mantıksal grup* (logical group) adı verilir. Kullanıcı bu alanları bağdaştırıcı/slave cihazlarına dağıtır. Şekil II.16’da yerleşik I/O ve RIO *master* görüntü bellek alanları görülmektedir [40].

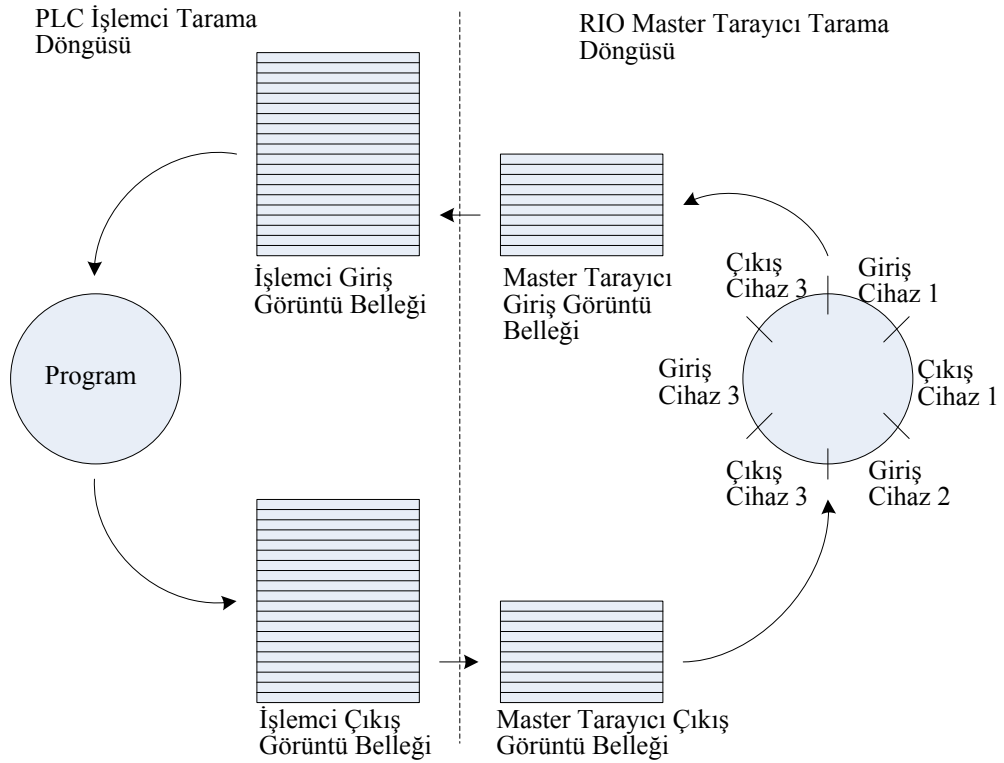


**Şekil II.16 Remote I/O Görüntü Belleği**

#### II.4.4.2. Programlanabilir Kontrolör ve Remote I/O Master Arasında Asenkron Çalışma

PLC taraması ve RIO *master* kartı tarayıcının taraması arasında asenkron bir çalışma gösterir. PLC işlemcisi yerleşik girişleri taraması esnasında *master* görüntü belleğini okur ve kendi yerleşik çıkış görüntü belleğine güncellemesi esnasında tarayıcının görüntü belleğini günceller. RIO *masteri* sürekli ağ üzerindeki girişleri okur ve çıkışlara yazar, *master* tarayıcının I/O görüntü belleğinde yapılan bu işlem PLC'nin işlemci taraması ile zaman açısından uyumlu değildir [40].

Master tarayıcı ile bağdaştırıcı/slave arasındaki giriş ve çıkış görüntü belleği ve komut bilgileri değişimine RIO *ayrık transfer* yöntemi denir. Master tarayıcı, sıralı bir düzende sahadaki her bir cihaz ile haberleşir. İlk önce tarayıcı ağ üzerindeki ilk cihaza çıkış verisi göndererek haberleşme başlatır. Gönderilen çıkış verisinde; çıkış görüntü belleği ve haberleşme komutlarını içerir. Saha cihazı, daha sonra tarayıcıya kendi giriş verisini göndererek cevap verir. Tarayıcı, ağ üzerinde son konfigüre edilmiş cihaz ile kendi ayrık I/O transferini tamamladıktan sonra tarayıcı, ilk cihaz ile başka ayrık I/O transferini başlatır. Şekil II.17'de PLC işlemci ve RIO master tarayıcının asenkron çalışması görülmektedir [40].

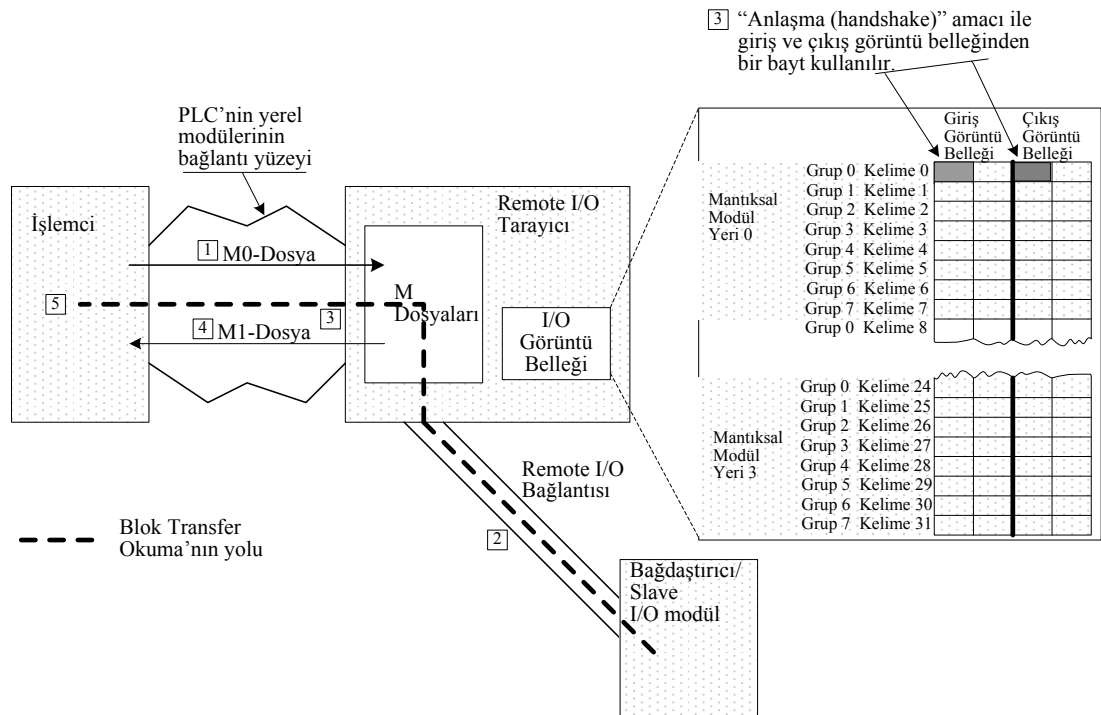


Şekil II.17 İşlemci ve Remote I/O Arasındaki Tarama Döngüsü

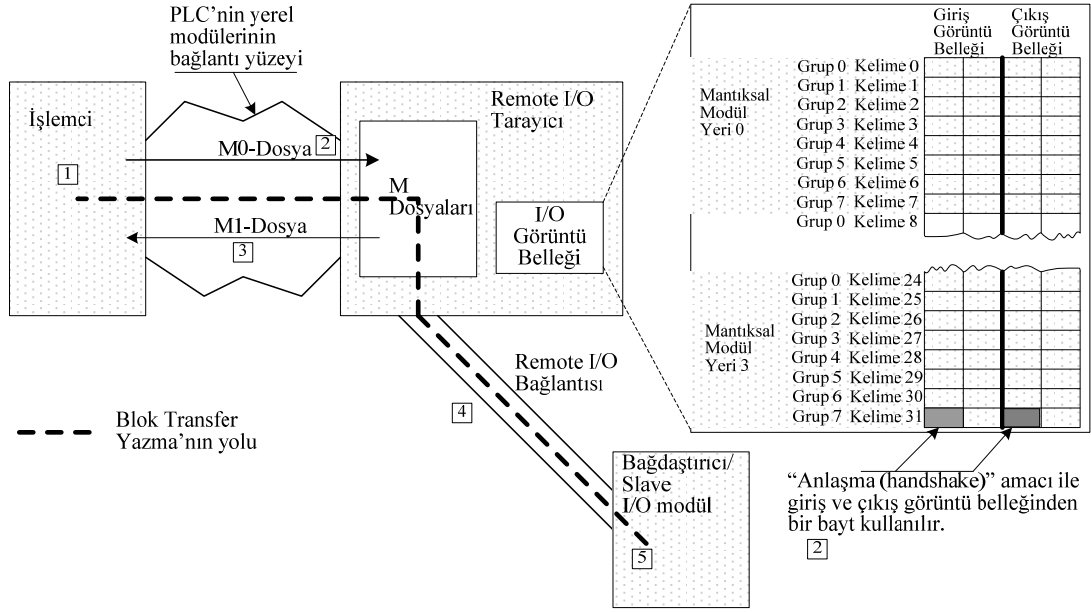
### II.4.4.3. Remote I/O Blok Transfer İşlemi

Bir master tarayıcı ve bağdaştırıcı/slave arasında RIO ayırık transfer yöntemi kullanılarak giriş ve çıkış görüntü verisi ve komut bilgisi hızla değiştirilir. Kullanıcıya saydam olan RIO ayırık transferleri; bağdaştırıcıya çıkış görüntü verisi gönderen tarayıcı ve tarayıcıya giriş verisi ileten bağdaştırıcıdan oluşur. Ayrıca her bir RIO ayırık transferinde bağdaştırıcı için tarayıcı komutları içerir [40].

RIO üzerinden veri transferinde kullanılan diğer bir yöntem RIO *blok transfer* yöntemidir. RIO blok transferi, RIO ağ üzerinde bir cihaza/cihazdan 64 kelimenin taşınmasını kontrol etmek için kullanılan bir veri transfer yöntemidir. Ağ üzerindeki bir cihazdan PLC'ye veri transfer edilmesine BTO (Blok Transfer Okuma-Block Transfer Read), PLC işlemcisinin ağ üzerindeki bir cihaza veri yazmasına BTY (Blok Transfer Yazma- Block Transfer Write) denir. BTO işlemin detaylı gösterimi Şekil II.18'de ve BTY işlemin detaylı gösterimi Şekil II.19'da görülmektedir. RIO blok transferi, her bir blok transferi için master tarayıcının hem giriş hem de çıkış görüntü belleğinin bir baytını kullanır. Blok transfer yürütülürken kullanılan bir baytlık alan, bağdaştırıcı ve tarayıcı arasında haberleşmede *anlaşma (handshake)* için kullanılır [40].



Şekil II.18 Blok Transfer Okuma İşlemi



**Şekil II.19 Blok Transfer Yazma İşlemi**

Tarayıcının üzerinde bulunan ara bellek (M-dosyaları (M-files)) vasıtasıyla tarayıcı ve bağdaştırıcı blok transferlerini gerçekleştirir. M-dosyaları; M0-dosyası ve M1-dosyası olarak ikiye ayrılır. Her birinde 32 ara bellek dosyası bulunur. 64 ara bellek dosyasının her biri 74 kelime uzunluğundadır. M-dosyaları için işlemci belleğinde her hangi bir alan ayrılmamıştır. M0 ve M1 ara bellekleri için adreslemeler kullanıcı programında gerçekleştirilir [40].

Blok transfer yönteminde haberleşmenin kontrol verisi ve durum bilgileri için M0 ve M1 ara bellekleri kullanılır. BTO komutlarında; M1-dosyası sahadan okunan gerçek veriler ve haberleşmenin durum bilgilerini, M1-dosyasına denk gelen M0-dosyası haberleşmenin kontrol verilerini içerir. BTY komutlarında; M0-dosyası sahaya yazılacak gerçek verileri ve haberleşmenin kontrol verilerini, M0-dosyasına denk gelen M1-dosyası haberleşmenin durum bilgilerini içerir [40].

Şekil II.18'de görülen BTO işleminin adımları aşağıda verilmiştir [40]:

- 1) Tarayıcı BTO operasyonu başlatması için gerekli kontrol verisi M0-dosyasını yazılır.
- 2) Veri okuma işlemini gerçekleştirmek için master tarayıcı gerekli komutları bağdaştırıcı/slave modüle gönderir. Bağdaştırıcı/slave istenen BTO verisini RIO bağlantısı üzerinden RIO tarayıcıya gönderir.
- 3) Tarayıcı kontrol programda belirtilen M1 ara belleğine BTO verisini yazar. Aynı zamanda tarayıcı kendi I/O görüntü belleğinin bir baytını tarayıcı ve bağdaştırıcı/slave modülü arasında çeşitli işlerde "anlaşma"

için kullanılır.

- 4) Tarayıcı sahadan okunan gerçek verilerin ve haberleşme durum bilgilerinin bulunduğu M1-dosyasının içeriğini, kontrol programında belirtilen işlemcinin veri hafızasındaki adreslere transfer eder.
- 5) PLC'nin kontrol programı BTO bilgilerini işler.

Şekil II.19'da görülen BTY işleminin adımları aşağıda verilmiştir [40]:

- 1) BTY başlatmak için M0-dosyasına yazılacak veriler, kullanıcı kontrol programında yazılan komutlar yardımıyla işlemcinin veri belleğine yazılır. İşlemci veri belleğindeki gerekli verileri, tarayıcının M0 arabelleğine gönderir.
- 2) Tarayıcı, M0-dosyasından sahadaki modüle yazılacak BTY gerçek verisini ve haberleşme kontrol verisini okur. Tarayıcı kendi I/O görüntü belleğinin bir baytını bağdaştırıcı/slave ile "anlaşma" amacı ile kullanır.
- 3) M1-dosyası, BTY durum bilgisini içerir.
- 4) RIO master tarayıcı, BTY bilgilerini RIO bağlantısı üzerinden bağdaştırıcıya transfer eder.
- 5) Bağdaştırıcı/slave kendisine bağlı modüle BTY bilgisini transfer eder

## **II.5. KAYNAK BİLGİLERİNİN İRDELENMESİ**

Aydınlatma kuramları, aydınlatma ve yapay zeka, aydınlatma ve saha veri yolu, uzman sistem üzerine yapılan çalışmalar aşağıdaki bölümlerde sunulmaktadır.

### **II.5.1. Aydınlatma Kuramına İlişkin Çalışmalar**

Ekren [41], aydınlatma tesislerinde tüketilen elektrik enerjisini azaltılmak amacıyla bir uygulama gerçekleştirmiştir. Bu uygulamada, gün ışığının olduğu zaman dilimlerinde, bir laboratuvar sınıfında ki çalışma düzlemi üzerinde eş aydınlık düzeyleri elde etmek için flüoresan lambaların kademeli kontrolü gerçekleştirilmiştir.

Ekren [42], dış aydınlatmada yanlış yerde yanlış şekilde yapılan aydınlatmanın ışık kirliliğine ve enerji tüketiminin artmasına sebep olduğunu belirtmiş ve ışık kirliliğini azaltmak için kullanılacak yöntemleri sunmuştur.

Ekren [43], flüoresan lambalarda gerekli akım ve gerilimi sağlayan manyetik balast ve elektronik balastlar tekno-ekonomik açıdan karşılaştırmıştır. Çalışmasında, bir sınıfta armatürlerde mevcut manyetik balastlar yerine elektronik balast

kullanılması durumunda ortaya çıkacak olan ekonomik durumu incelemiştir. Elektronik balastların ilk yatırım maliyetinin yüksek olmasına rağmen işletme maliyetinin düşük kalması sonucu manyetik balastlara göre daha ekonomik olduğunu göstermiştir.

Çalışma alanındaki aydınlatmayı düşündüğümüzde, üzerimizde oluşturduğu fiziksel etki ilk akla gelendir. Örneğin, uygun olmayan aydınlatmada göz yorgunluğu ortaya çıkar ve çalışma alanlarında ciddi yaralanmalara sebep olur. Steelcase Inc. Tarafından bir iş ortamında yapılan çalışmada her üç kişiden ikisinde işyerindeki fiziksel yorgunluğun zayıf aydınlatmadan dolayı oluştuğu belirlenmiştir [44, 45]. Pacific Northwest National Laboratory ve the American Society of Interior Designers (ASID) tarafından yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır [46, 47].

Cornell Üniversitesinin yaptığı çalışmada uygun olmayan aydınlatmanın görme problemleri ve sıkıntılar oluşturduğu için iş kayıplarına sebep olduğu göstermiştir [48].

Görsel konfor üzerinde farklı ışık kaynaklarının önemli bir etkisi olduğu deneysel olarak belirlenmiştir [49]. Görme, görme konforu ve görme performansı kavramları üzerine birçok çalışma yapılmış ve aydınlatmanın etkisi ifade edilmiştir [50-52].

Aydınlatmanın fizyolojik ve psikolojik etkileri de oldukça güçlüdür. İnsanların ruhsal ve motivasyon seviyesini etkiler. Ruhsal durum üzerindeki sistemik etkisi yapılan deneysel çalışmalarda gösterilmiştir [53-55].

Aydınlatmanın fizyolojik ve psikolojik etkileri dikkate alınarak uygun aydınlatma şartlarının oluşturmak için aydınlatma parametreleri ve kaliteli aydınlatma [56, 57], aydınlatma dizaynı [58-61], gün ışığı ve aydınlatmanın birlikte kullanımı ve dizaynı [62-67] kavramları üzerine çalışmalar yapılmıştır.

Dış aydınlatma ile tarihi bir mimari yapının estetik ve ilgi çekici bir bütünlük oluşturulması için armatürlerin ve ışık kaynaklarının nasıl kullanılabileceği konusunda öneriler verilmiştir [68].

Zackrisson [69], dış aydınlatma sistemleri tasarımında etki eden faktörler detaylı olarak ele almış ve aydınlatma sisteminin montajında etki eden bağlantılar, mevsim, montaj elemanları ve lambalar analiz edilerek maksimum performansı elde edilebileceği konusunda öneriler vermiştir.

Laperriere [70], düşük sıcaklıklarda dış aydınlatmada kompakt flüoresan

lambaların performansı test etmiştir. Bu tür lambaların soğuk bölgelerde verimli olmadığı, aydınlık düzeyinde keskin ve net düşüşler olduğu görülmüştür.

Knight [71], dış aydınlatmada LED'lerin yeri, önemi ve üstünlükleri belirtmiş ve bu amaçla tasarlanan LED armatürlerinin kullanım alanları ifade edilmiştir.

Sözen [72], İstanbul'un çeşitli semtlerinde yaşayan kişilerin kent aydınlatması üzerine görüşlerinin sorulduğu bir anket uygulamıştır. Bu anketten; İstanbul'un yeterince aydınlık olmadığı, işlevsel aydınlatmaların dışında mimari aydınlatmaya yer verilmesi talebi ve ortak kullanım alanlarının yetersiz aydınlatıldığı sonuçları çıkarılmıştır.

Ketsen [73], etkin aydınlatma tasarımında; binanın yönlendirilişi, çevredeki binalar, seçilen renklerin ışık yansıtma katsayıları, hacmin yönü, boyutları, pencerelerin yerleri ve konumları, cam yüzeylerinin özellikleri gibi tasarım değişkenlerinin değerlerinin doğru olarak belirlenmesi gerektiği belirtilmiştir.

So [74], dış aydınlatma tasarımı için, noktadan noktaya temel alınarak yeni bir dizayn metodoloji geliştirmiştir. Geliştirilen yöntem yardımıyla hesaplamadaki hata payı azaltılmıştır.

## **II.5.2. Aydınlatma ve Yapay Zeka ile İlgili Çalışmalar**

Aydınlatma ve yapay zekanın birlikte kullanıldığı çalışmalar incelendiğinde, özellikle iç aydınlatmada; yapay zeka, aydınlık sistemi tasarımı ve kontrolü üzerine yapılan çalışmalarda kullanılmıştır. Literatürde incelenen çalışmalar aşağıda verilmiştir. Literatür incelenen çalışmalar sonucunda, yapay zekanın dış aydınlatmada uygulanması ve yapay zeka tekniklerinden de uzman sistem kullanılması tercih edilmiştir.

Guo [75], aydınlatmada enerji verimliliğini artırmak için bir yapay zeka aracı tasarlamıştır. Enerjinin tasarruflu kullanımı ve yönetimi için aydınlatma problemlerini çözen yazılım geliştirilmiş ve bilgi tabanlı uzman sistem kullanılmıştır.

Aithal [76], aydınlatma sisteminin tasarımının yapıldığı ortamda lambaların yerleşimin için yapay sinir ağları kullanmıştır. Değerlendirme yapılırken faydalanma faktörü ( bir düzleme düşen ışık akısının gelen ışık akısına oranı) dikkate alınmıştır. Hem kurulum hem de işletme maliyetinde azalma belirtilmiştir.

Wu [77], fotovoltaik aydınlatma sistemleri için zeki kontrolör tasarlamıştır. Fotovoltaik aydınlatma sistemleri düşük verim oranı, kararsızlıklar, kısa batarya



süresi gibi problemlere sahiptir. Bu problemleri çözmek için, MCU 89C52 kullanarak fotovoltaiik aydınlatma sistemi için zeki kontrolör tasarlanmıştır. Önerilen enerji yönetim kontrolörü, sistem performansını etkin olarak arttırmıştır.

Eliadis [78], iç aydınlatmada elektronik balastlar ve yüksek verimli lambalar kullanılarak bunların kontrolü için zeki aydınlatma sistemi kurmuştur. Tasarlanan sistemle lambaların çalışma saatleri, bakım maliyetleri azalmış ve enerji tasarrufu sağlanmıştır.

Miki [79], aydınlık düzeyi (birim yüzeye düşen ışık miktarı) ve parıltı (aydınlatma kaynaklarının veya aydınlattıkları cisimlerin birim yüzeylerinden göze gelen ışık şiddeti) arasında korelasyon katsayısı kullanılarak zeki aydınlatma sistemi gerçekleştirmiştir. Uygun bir bölgede talep edilen aydınlık düzeyini elde etmek için zeki aydınlatma sistemi önermektedir. Zeki aydınlatma sistemi enerji tasarrufuna katkıda bulunmuştur.

Coley [80], yaptıkları çalışmada, binanın dış yüzeyindeki dikey düzlemde alınan aydınlık düzeyleri ölçümlerinden, bir oda içinde yatay düzlemdeki doğal aydınlık düzeyinin tahmini problemi için bir genetik algoritma uygulamıştır. Bina içinde gün ışığına ek olarak yapay aydınlatmanın kontrolü için ortamdaki doğal ışık seviyesinin bilinmesi gerekir.

Ferentinos [81], seralarda mahsul üretiminde ek aydınlatma sisteminin optimal dizaynı için bir genetik algoritma tekniği geliştirmiştir. Problemin çözümünde kullanılan yaklaşım; lambaların güçlerini, montaj yükseklikleri ve düzenini tasarlamak için genetik algoritmaların evrimsel paralel arama yeteneği kullanılmıştır.

Alonso [82], dahili aydınlatmada flüoresan lambaların kontrolü için LonWorks teknolojisi tabanlı zeki kontrol sistemi kurmuştur. Elektronik balastlı flüoresan lambalar ve mikroişlemciler kullanılmıştır. Enerjini daha verimli kullanımı sağlanmıştır.

Miki [83], bir alan içerisinde istenilen bir noktada gerekli aydınlık düzeyinin sağlamak için zeki aydınlatma sistemi önermiştir. Yatay düzleme yerleştirilen sensörler yardımıyla istenilen noktaların aydınlık düzeyleri ölçülmüştür. Tasarlanan zeki aydınlatma sistemi ile istenilen aydınlık düzeyleri elde edilmiştir.

Çolak ve Onaygil [84], tarafından yapılan çalışmada, ofis çalışanlarının yapay aydınlık düzeyi tercihlerinin yapay sinir ağları ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada kişilerin yapay aydınlık düzeyi tercihlerini belirlemek amacıyla Hollanda Philips'de yapılan deneysel çalışmaların bir yıllık verileri kullanılmıştır. Yapılan

incelemeler sonucunda, girişleri doğal aydınlık düzeyi, saat, başlangıçta istenen yapay aydınlık düzeyi ve o andaki doğal aydınlık düzeyi olmak üzere çalışanların tercih edecekleri yapay aydınlık düzeylerinin kabul edilebilir hata sınırları içinde tahmin edilebileceği görülmüştür.

Nanba [85], aydınlatma dizaynı problemlerini çözmek için kaotik yapay sinir ağı tabanlı bir metod uygulamıştır. Bu metodun amacı, bir iç ortamda farklı ışık kaynakları kullanılarak istenilen bir noktada talep edilen aydınlatma düzeyini karşılayacak bir aydınlatma dizaynı yapmaktır. Kullanılan metod ile başarılı sonuçlar alınmıştır.

Kurian [86], bir ortamda gün ışığının değişimine bağlı yapay ışığın uyarlanır kestirimci kontrol yöntemine göre kontrolü için yeni bir hesaplama modeli sunmuştur. Modeli elde etmek için analitik analiz ve inverse kontrol teorisi birleştirilmiştir.

Corcione [87] tarafından yapılan çalışmada, genetik algoritma yardımıyla dış aydınlatmanın optimal tasarımı yapılmıştır. Tasarım uygulaması için bir tenis kortu ve futbol sahası tercih edilmiştir.

Rubinstein [88], mevcut standartlar ve haberleşme protokollerine dayanarak farklı aydınlatma kontrol cihazları arasında haberleşmelerini sağlayacak pratik ve uygulanabilir bir ağ kavramı önermiştir.

Çakır [89], otoyol aydınlatmasında verimliliğin optimizasyonu için genetik algoritma kullanmıştır. Yapınla deneyler sonucunda ilk adımda optimum direk mesafesi elde edilmiştir. Çalışmaya, değişken direkt yüksekliği, değişken aralıklı direk yerleşimi ve farklı güce sahip aydınlatma elemanının kullanımına izin veren algoritmalar geliştirmesi konusunda devam edilmektedir.

### **II.5.3. Uzman Sisteme İlişkin Çalışmalar**

Son on yıl içinde uzman sistem hakkında yapılan çalışmaların bir kısmı aşağıda sunulmaktadır.

Kumar [90], insan vücudunda farklı organlar tarafından üretilen farklı sesler için bir bulanık-uzman sistem geliştirmiştir. Geliştirilen bulanık-uzman sistem, insan vücudundan alınan sesler vasıtasıyla hastalıkların teşhisinde doktorlara yardımcı olacaktır. Seslerin insan vücudundan dinlenmesi ve kaydedilmesi için elektronik stetoskop yapılmıştır.

Zaheeruddina [91], insanlarda uyku esnasında oluşan çevredeki gürültünün, gürültü seviyesine, yaşa ve olayın oluş süresine bağlı olarak insan vücuduna etkilerini tahmin etmek için bulanık-uzman sistem geliştirilmiştir.

Iqbal [92], frezeleme işleminde, iş parçasının yüzey kalitesini yükseltmek ve aletin ömrünü arttırma hedeflerine ulaşacak şekilde frezeleme parametrelerinin optimizasyonu için bir bulanık-uzman sistem gerçekleştirmiştir.

Tseng [93], Internet servis sistemlerinin performansını izlemek için bir zeki yönetim sistemi önermiştir. Yönetim sistemi, Internet servis sistemlerinin potansiyel problemlerini çözme ve bulma yeteneklerine sahiptir. Zeki yönetim sisteminde uzman sistem yaklaşımı kullanılmıştır.

Xu [94], boru hatlarındaki sızıntıları bulmak için bir uzman sistem geliştirmiş. Klasik kural tabanlı sistem yerine farklı bir metot kullanılmıştır. Uygulamada başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Kaushika [95], güneş pillerinin dizaynına yardımcı olan bir uzman sistem geliştirmiştir. Uzman sistem için güneşin hareketleri 14 ayrı bölgede izlenmiş ve bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bölgenin durumunu göre güneş pilleri tasarımı yapılmaktadır.

Zhang [96], doğalgaz ve petrol aramalarında delme işlemini için kural tabanlı uzman sistem tasarlamış, sistemin izlenmesi ve kontrolü için saha veriyolu kullanmıştır. Delme işleminde esnek bir konfigürasyon imkanı ve fonksiyonları arttırılması sağlanmıştır.

Kadamani [97], kısmi diferansiyel denklemler için USFKAD adı verilen bir uzman sistem yardımıyla diferansiyel denklemin bütün konuları çözümleri gerçekleştirmiştir. Programlama dili olarak C++ kullanılmıştır. Hem Windows hem de Linux de test edilmiştir.

Sigot [98], Alzheimer tanısında yardımcı olması amacıyla kural tabanlı uzman sistem tasarlamıştır. Alzheimer teşhisinde yardımcı olacak uzman sistem için 36 sağlıklı ve 42 hasta kişiden veriler alınmış ve veriler sınıflandırılmıştır. Uzman sistemi kurulumu için, uzman sistem kabuklarından CLIPS kullanılmıştır.

Lin [99], basınç altında çalışan borularda dış ve iç etkilerden dolayı borularda meydana gelen kusurların bulunması için uzman sistem tasarlamıştır. Uzman sistem Microsoft Visual C++ 6.0'da oluşturulmuştur.

Moon [100], insan görüntü algılaması üzerinde psikolojik deneylerden elde edilen veriler kullanılarak düşük frekans uyarlamalı görüntü tekniğini uzman sistem

yardımları ile gerçekleştirmiştir

Güler [101], özvektörler kullanılarak değişken zamanlı biyomedikal işaretlerin sınıflandırılması ve belirlenmesi için uzman sistem tasarlanmıştır. Biyomedikal işaret olarak; Doppler ultrason ve EEG sinyalleri ele alınmıştır.

Tomic [102], zeki sistem geliştirmek için açık kaynaklı bir shell uzman sistem, JavaDON kullanmıştır. JavaDON projesinin amacı pratik uzman sistemlerin gerçekleştirilmesi için kullanımı kolay ve kolayca genişletilebilir bir yapı meydana getirmektir.

Hwang [103], tıbbi uzman sistemlerin oluşturulması için zaman ölçekli bir ölçekli bir yaklaşım geliştirmiştir. Geliştirilen uzman sistem yardımıyla farklı zaman dilimlerindeki hastalık semptomlarının değişimi açıkça verilmektedir.

Kaminarisa [104], bir bölgeye kurulması düşünülen yenilenebilir enerji kaynaklarının seçimi için bulanık-uzman sistem yaklaşımı gerçekleştirmiştir. Projede üç tip santral ele alınmıştır. Bu santraller; rüzgar santrali, güneş pilleri ve mini hidroelektrik santral. Bölgedeki yenilenebilir enerji kaynakları için tüm parametreler sisteme girilmesiyle, bölge için en uygun yenilenebilir enerji kaynağının seçimi yapılmaktadır.

Liu [105], makinelerdeki hata teşhisleri için etkin bir uzman sistem geliştirilmiştir. İlk önce bir hata ağacı oluşturulmuş ve düğüm noktalarındaki öncelikler belirlenmiştir. Uygulama sahası olarak video kayıt cihazı tercih edilmiştir. Video kayıt cihazı üzerinde uzman sistem etkin sonuçlar vermiştir.

Maor [106, 107], uzman sistem kullanılarak ofislerdeki HVAC (Heating Ventilating and Air Conditioning-Isıtma Soğutma ve Hava Şartlandırma) sistemlerinin tasarımı ve geliştirilmesi ve bunların ofislerde kullanımı için bir simülasyon geliştirilmiştir. Bir ofis ortamında uygulaması yapılmıştır.

Torres [108], zeki-altın isimli bu projede, altının bulunmasından piyasada kullanımı esnasında ekonomik analizlerine kadar tüm süreçler dikkate alınarak bir uzman sistem tasarlamıştır.

Shal [109], endüstriyel proseslerde istatistiksel süreç kontrolünde hata bulmak için bir bulanık uzman sistem geliştirmiştir. Bulanık uzman sistem yardımı ile istatistiksel süreç kontrolünün performansını arttırmak amaçlanmıştır. Uygulama sahasında istenilen sonuçlara ulaşılmıştır.

Deng [110], 500 kV.'lık bir alt-istasyonun operasyon ekipmanlarına uygulanan bir uzman sistem tasarlamıştır. Bu sistemin oluşturulması için ekipmanlar arası ağ,

scada sistemi ve uzman bilgi tabanı kurulmuştur.

Khalidi [111], güç sistemlerinde gerilim kontrolü için bir zeki bilişsel uzman sistem geliştirmiştir. Matlab tabanlı zeki bilgi tabanlı uzman sistem sürekli durum gerilim kontrolü için geliştirilmiştir.

Cipcigan [112], 400 kV. luk bir alt-istasyonun yüklü veya yüklü olmadığı durumunda, sistemde üretilen yüksek gerilimleri belirlenmesi amaçlamıştır. İstasyonda gerilim kontrolü ve reaktif güç kontrolü için kullanılan şönt reaktörün anahtarlama operasyonları için beş nokta tanımlanmış ve uzman sistem yardımı ile anahtarlama stratejisi belirlenmiştir.

Hasan [113], güç sistemlerinde alarm işlemleri ve hata tanımlanması için nesne tabanlı uzman sistem tasarlamıştır. Tasarlanan sistemle güç sistemlerinin güvenilirliğinin artması ve yoğun alarm periyotları altında güç sistemleri operatörlerinin karşı karşıya kaldığı sıkıntıların azalması sağlanmıştır.

Zalis [114], yüksek gerilimde çalışan elektrik makineleri ve donanımların izolasyon durumlarının gerçek zamanlı ve gelecekteki davranışlarını değerlendiren kural tabanlı uzman sistem ve yapay sinir ağı tasarlanmıştır.

Hamzeh [115], elektrik güç sistemlerinde on-line ve off-line hata teşhisi için bir uzman sistem geliştirmiştir. Uzman sistemin geliştirilmesinde programlama dili olarak Delphi kullanılmıştır. Geliştirilen sistemde her düğüm noktasında iletim hatlarında ölçülen değerler göre hata mesafesi ve hatanın türü verilmektedir.

Ma [116], cihazlarda hata teşhis tekniği ile yapay zeka tekniği birleştirerek doğru akım motorundaki hataları teşhis eden bir uzman sistem tasarlamıştır. Komütasyon, yalıtım ve titreşimlere sebep olan çeşitli arıza türleri teşhis edilmektedir.

Pimpa [117], Scada sistemine dayalı güç sisteminde 22 kV. gerilim seviyesinin kontrolü için bir uzman sistem tasarlanmıştır. Altı alt istasyonda uzman sistem denenmiştir. Uzman sistemin; arıza durumlarında operatörleri olumlu yönde destek verdiği, gerilimi ayarlamak için transformatörlerde ara uç değiştirme işleminin %50 oranında azaldığı ve gerilim değerlerinin belirli sınırlar içinde kaldığı belirlenmiştir.

Qian [118], kompleks kimyasal proseslerin gerçek zamanlı hata teşhisi için bir uzman sistem geliştirmiş ve uygulamıştır. Uzman sistem, rafinerilerdeki akıcı katalizör işlemlerinde oluşacak anormal durumlarda kullanılmaktadır.

Sayed [119], enterkonnekte güç sistemlerinin güç kayıplarının azaltmak ve gerilimi belirli sınırlar içerisinde tutmak için kural tabanlı iki modül geliştirmiştir.

Kural tabanlı modüller turbo-Prolog kullanılmıştır. Gerçek zamanlı bir güç sistemi üzerinde denenmiş ve sistemin uygulanabilir olduğu görülmüştür.

Cipcigen [120], 400kV. luk bir güç istasyonunun senkronlama işlemleri ve gerilim kontrolü için bir uzman sistem tasarlamış ve uygulamasını yapmıştır. Sistem uzman sistem kabuklarından CLIPS kullanılarak tasarlanmıştır.

Fergany [121], güç sistemlerinde rölelerden ve devre kesicilerden alınan bilgiler kullanılarak off-line hata teşhisi için uzman sistem ve yapay sinir ağları birlikte kullanılarak zeki bir sistem oluşturmuştur. Yapay sinir ağları kullanılarak sistemin öğrenme yeteneği kazandırılmıştır.

Cheang [122], üç fazlı asenkron motorların hata teşhisinde uzman sistem kullanmıştır. Endüstride üç fazlı asenkron motorların kullanımda; rotor, rotor sargıları ve stator sargılarında arızalar oluşmaktadır. Bu arızalar motorlarda hasarlara sebep olur. Bu arızaların tespit edilip, zaman kaybetmeden müdahale yapılması için bir uzman sistem yardımıyla bir prototip oluşturulmuştur. Sistemin performansı istenilen düzeyde elde edilmiştir.

Xiaoning [123], buhar türbin generatörlerinde hata teşhisi için bilgi tabanlı uzman sistem tasarlamıştır. Tasarlanan uzman sistem generatörün durumunu değerlendirerek hem otomatik hata teşhis modunda hem de operatörün karşılıklı diyalog imkanı ile hata teşhis modunda çalışmaktadır.

Yan [124], robot montaj hatlarının iş akışına dayanarak montaj hattındaki hata teşhisi için bir bulanık uzman sistem geliştirilmiştir. İş akış şemasına göre hata oluştuğunda kullanıcı arayüzü yardımıyla gerekli uyarılar oluşmaktadır.

Taşgetiren [125], atölye tipi üretim çizelgelemede bir uzman sistem uygulaması yapmıştır. Atölye tipi çizelgeleme, temel olarak, işleri makinelere atama ve daha sonra bu işlere uygun bir şekilde sıralamadır. Bu çalışmada, düşünsel bir atölye ortamında uzman çizelgeleme sisteminin performansı, çeşitli tasarımlar için öncelik kurallarıyla karşılaştırılmakta ve sistemin olurluğu gösterilmektedir.

Öztemel [126], yaptığı çalışmada; bilgi işlemede metotlarından olan uzman sistemler ile yapay sinir ağlarının karşılaştırılması yapılmış ve birleştirmelerinin mümkün olup olmadığı tartışılmıştır. Mevcut uygulamalara dayanarak, zeki imalat sistemlerinde bu iki sistemin birleştirilmesi sonucu bir çok uygulamanın başarılı bir şekilde yerine getirebileceğini ön görülmektedir.

Ergün [127], yakın resim fotogrametrisinde endüstriyel uzman sistem uygulaması gerçekleştirmiştir. Günümüzde, mikrofotogrametri elektronik

sanayisinden sağlık hizmetlerine ve özellikle uzay sanayisine kadar pek çok bilimle ortak olarak çalışmaktadır. Bu çalışmalara destek sağlayan ve çalışmalarda kullanılan uzman sistemler laboratuvar çalışmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Dijital olarak 0.5 cm ve daha küçük objelerin modellenmesi, ölçülmesi ve kalite kontrolünün sağlanması amacına yönelik olan bu sistem aynı zamanda uydu ve uzay çalışmalarında kullanılan dijital sensörlerin testi, kalibrasyonu ve modern görüntüleme ve  l me çalışmalarında da kullanılabilmektedir.

 z [128], tedarik zinciri yönetiminde karar teorisi destekli uzman sistem tasarımı ve tedarikçi seçim problemine uygulanması ele almıştır. Uzman sistemlerin, geleneksel yaklaşımlardan farklı olarak, karar ağacı kullanılarak modellenmesi durumunda sağlayacağı yararların tartışıldığı bu araştırmada, gerçek hayatta karşılaşılan çeşitli karar problemlerinin çözümünde kullanılan uzman sistemlerin, diğer yöntemlere nazaran gerçekçi sonuçlar vermelerini sağlayan bilgi tabanlı sistemler olmalarının getirileri tartışılmıştır.

Usta [129], robotlu bir imalat hücresindeki taşıma işlemleri için modele dayalı bir uzman sistem geliştirmiştir. Hücresel imalat sistemi son yıllarda yaygın olarak kullanılan ve parti bazındaki üretimlerde uygulanan bir tekniktir. Fiziksel olarak bir araya kümelenmiş makinelerden oluşan bir hücrede üretim verimini, kaliteyi ve iş emniyetini artırmak, sıkıcı işleri yorulmadan yaptırarak için robot kullanımı tercih edilmektedir. Bu çalışmada, en fazla on makineden oluşan bir imalat hücresi ve bir tek robot olduğu kabul edilerek, en fazla on ayrı için aynı anda üretilmesi durumunda, imalat hücresini oluşturma işlemlerini gerçekleştiren, aynı zamanda tezgah işlem sıralamalarını ve hücredeki robotun bu işleri tezgahlara hangi zamanlarda ve hangi sıra ile yerleştirip-alması gerektiğini belirleyen bir uzman sistem geliştirilmiştir. Uzman sistem, KAPPA-PC uzman sistem geliştirme programı altında yapılandırılmıştır. İmalat hücresini oluşturabilmek için tezgahlar, robotlar ve stoklama tablaları bilgilerinin yer aldığı bir kütüphane ile, tezgah yerleşimi ve iş parçaları bilgilerinin yer aldığı modüller oluşturulmuştur.

Tüm  alışmalar incelendiğinde, yapay zekanın dış aydınlatmada yeterince kullanılmadığı g r lm ştir. Enerjinin çok değerli olduğu bu zamanda, dış aydınlatmanın da daha verimli kullanımı için yapılacak çalışmaların yaygınlaştırılması gerekir. Bu bağlamda, gerçekleştirdiğimiz çalışmada, kural tabanlı uzman sistem yapısına dayanan ve dış aydınlatmada enerji verimliliğinin arttırılması, izlenmesi ve hata teşhisi amacı ile kullanılan bir uzman sistem geliştirilmiştir.

Uzman sistemde, HMI yazılım paketi RSVIEW32’de ki yazılım kodları kullanılmıştır. Gerçekleştirilen sistem, uzman sistemin dış aydınlatmada; kontrol, izleme, yük tahmin ve hata teşhis etmek amacı ile kullanıldığı ilk uzman sistemdir.



## **BÖLÜM III**

### **UZMAN SİSTEM DESTEKLİ GÖZETİMLİ DENETİM VE VERİ TOPLAMA SİSTEMİ İLE DIŞ AYDINLATMANIN KONTROLÜ UYGULAMASI**

Bu bölümde, dış aydınlatmada elektrik enerjisinin maliyet açısından daha verimli kullanımını sağlamak ve Bölüm I’de belirtilen mevcut dış aydınlatma kontrol sistemlerinin dezavantajları ortadan kaldırmak için, bilgisayar ve mikrodenetleyici tabanlı olarak iki farklı ortamda, gerçek zamanlı çalıştırılmak üzere gerçekleştirilen US’lar (Uzman Sistem) tanıtılacaktır. Ayrıca DAKS’da kullanılan tüm elemanların özellikleri verilecektir.

Bilgisayar ortamında, HMI yazılım paketinde aşağıda sayılan amaçları gerçekleştirmek için yazılan uzman sisteme, MEGZUS (Merkezi Gerçek Zamanlı Uzman Sistem) adı verilmiştir. MEGZUS’un amaçları:

- Gün ışığı, gerçek zaman ve harekete bağlı olarak lamba gruplarının en uygun zaman diliminde devreye girmesini ve çıkmasını yani enerji tüketimini en uygun düzeyde tutulmasını sağlamak.
- Lamba gruplarının devrede olup olmadığını izlemek.
- Dış aydınlatma sistemindeki lamba gruplarının bağlı olduğu hatlardaki arızaları teşhis etmek.
- Dış aydınlatmada bir lamba grubundaki lamba arızalarını teşhis etmek.

- Dış aydınlatmada tek hat üzerinde bağlı bulunun yük değerini tahmin etmek.

MEGZUS, sayılan amaçları; aydınlatma kontrol sahasının geniş olması sebebiyle kullanılan saha veri yolu (Fieldbus) ve veri yoluna bağlı programlanabilir kontrolörün arayüzlerini kullanarak Ethernet üzerinden gerçekleştirmiştir. DAKS’da, URIO (Universal Remote Input/Output) olarak isimlendirilen saha veri yolu standardı kullanılmıştır.

Mikrodenetleyici ortamında, aşağıda verilen amacı gerçekleştirmek için yazılan uzman sistemin kullanıldığı noktalara, *uzman sistem tabanlı zeki kontrol noktası* adı verilmiştir. Mikrodenetleyici tabanlı US’un amacı:

- Gerçek zaman ve harekete bağlı olarak lamba gruplarının en uygun zaman diliminde devreye girmesini ve çıkmasını yani enerji tüketimini en uygun düzeyde tutulmasını sağlamak.

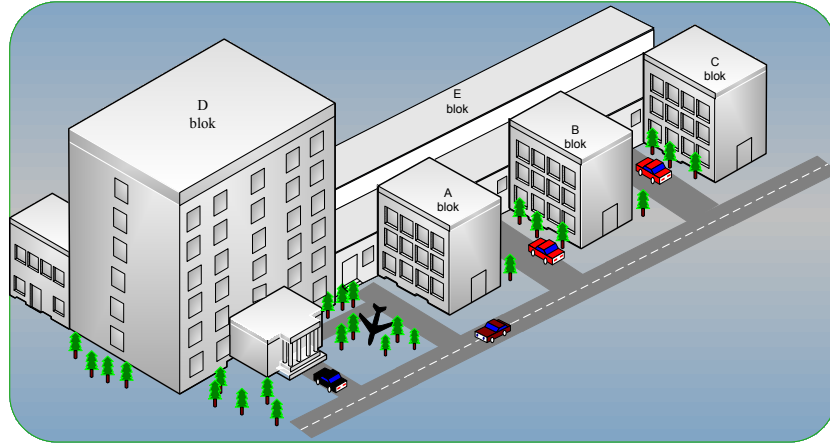
MEGZUS’un yukarıda sayılan ilk amacındaki işlemleri, benzer şekilde gerçekleştiren mikrodenetleyici tabanlı sistemin kurulmasındaki neden aşağıda belirtilmiştir:

- DAKS’da, merkezi kontrol yapısını sahip URIO standardı üzerinde oluşabilecek arıza/arızalar veya veri yolu üzerindeki cihazların devre dışı edilme durumlarında, sinyalin kesildiği blok/bloklarda MEGZUS’un fonksiyonları gerçekleştirilemez. Bu durumda, dış aydınlatmada sürekliliği sağlamak için, binaların her bloğunda mikrodenetleyici kullanılarak, merkezden bağımsız kontrol eden uzman sistem tabanlı zeki kontrol noktaları kurulmuştur.

Mikrodenetleyici hafızasına, US’un kuralları yazılmıştır.

Mikrodenetleyici hafızasında çalışan US, sadece yukarıda belirtilen durumda devreye girmektedir. Eğer RIO standardında bir arıza veya devre dışı edilme durumu yok ise mikrodenetleyici DAKS’da arabirim görevini yerine getirir. DAKS’da, RIO standardı üzerinde çıkış modüllerinin kontrol sinyalleri, lamba gruplarının sürüldüğü güç devrelerine mikrodenetleyici üzerinden iletilir.

Gerçekleştirilen DAKS, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi (TEF) ve Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu (TBMYO) binalarının dış aydınlatmasına uygulanmış ve performansı izlenmiştir. Aydınlatma kontrol sistemin kurulduğu TEF ve TBMYO binalarının yerleşim planı Şekil III.1’de görülmektedir.



**Şekil III.1 DAKS'ın Uygulandığı Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi ve Teknik Bilimler MYO Binalarının Yerleşim Planı**

### **III.1. DAKS KURULUM AŞAMALARI**

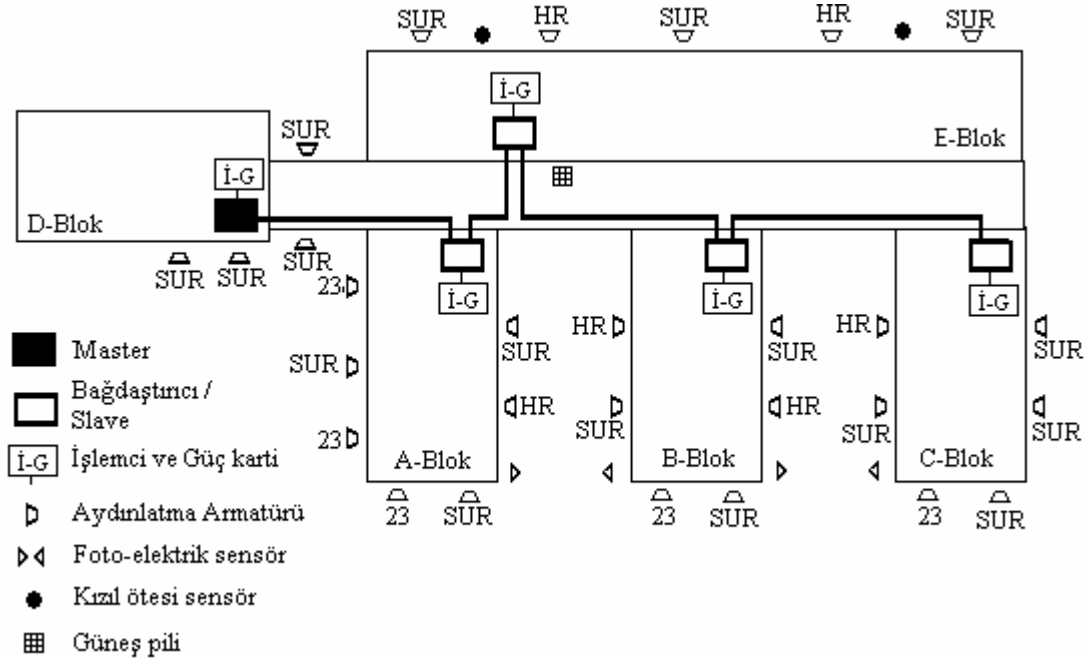
Sistemin kurulumu için ilk aşamada Marmara Üniversitesi TEF ve TBMYO bulunduğu binaların mevcut dış aydınlatma sisteminin projesi çıkartıldı.

DAKS'da kullanılacak giriş/çıkış elemanları ve değişkenler belirlendi. Bunlar; kızılötesi ve foto-elektrik sensörlerden gelen dijital sinyaller, dış ortamdaki aydınlık düzeyini belirlemek için kullanılan güneş pilinden üretilen analog gerilim (0-10V DC), gerçek zaman verileri, lambaların bağlı olduğu hatlar üzerindeki arızaları için dijital veriler, lamba arızaları için analog akım bilgisi (0-20mA), dijital girişler ve dijital çıkışlar.

Dijital çıkışlar tarafından sürülen lambalar için, güvenlik ve üniversite kampusunun yılın belirli zaman dilimlerinde ki kullanım durumu da düşünülerek aydınlatma armatürleri 3 gruba ayrıldı. I.grup: MEGZUS veya US tabanlı zeki kontrol noktaları tarafından lambaların devreye alındığı ve devreden çıkarıldığı *uygun zaman dilimi* olarak isimlendireceğimiz süre boyunca sürekli yanacak lamba grubuna *SUR lamba grubu* adı verilmiştir. II.grup: Saat 23:00 dan sonra devre dışı olan lamba grubuna *23 lamba grubu* adı verilmiştir. III.grup: Hareket algılandığında yanacak olan lamba grubuna *HR lamba grubu* adı verilmiştir.

DAKS'da belirlenen giriş/çıkış değişkenleri ve sahanın genişliği dikkate alınarak, programlanabilir kontrolör ve saha veri yolu sisteminin seçimi yapıldı. Saha veri yolu sistemi seçiminde RIO standardı tercih edildi. Merkezi kontrol yapısına sahip RIO standardında master modülü olarak Allen Bradley firmasının 1747-SN

tarayıcı modülü tercih edilmiştir. RIO'nun tercih edilmesinin sebebi, merkezi kontrol yapısına sahip olmasıdır. Bu yapının en büyük dezavantajı master cihazı çalışmadığında tüm sistem durmaktadır. Yaptığımız çalışmada RIO standardının bu dezavantajı, US tabanlı zeki kontrol noktaları kurularak giderilmiştir. Master modülün montaj edileceği PLC (Programlanabilir kontrolör) olarak Allen-Bradley firmasının SLC 500/03 1747-L531 kodlu cihazı seçilmiştir. RIO standardında master cihazı ile uyumlu çalışacak bağdaştırıcı/slave ve dağıtık I/O'ların seçiminde Allen-Bradley firmasının Flex Integra modülleri tercih edilmiştir. Yapılan bu tercihlere göre DAKS'ın uygulandığı sahada elemanların dağılımı Şekil III.2'de görülmektedir. Merkezi kontrol yapısına sahip RIO standardında ki master cihazı TEF'in D bloğuna, bağdaştırıcı ve dağıtık I/O olarak kullanılacak modüller diğer bloklara yerleştirilmiştir.



Şekil III.2 TEF ve TBMYO ait Binalarda Tüm Sistem Elemanlarının Sahadaki Yerleşimi

DAKS'da binaların beş bloğuna yerleştirilecek kontrol panolarının yerleri belirlenmiştir. Panoların belirlenen yerlerine göre RIO standardında, PLC'nin ana kasasına yerleştirilerek master ve sahada ki bağdaştırıcı/slave modüllerin birbirleriyle haberleşmesini sağlayacak haberleşme kablosu için gerekli kablo kanallarının geçeceği yerler tespit edilerek, kanallar ve haberleşme kablosu döşenmiştir.

Hareketlerin algılanmasını sağlayacak kızıl ötesi sensörlerin, foto-elektrik sensörlerin ve dış ortamdaki aydınlık düzeyinin değişiminin ölçüleceği güneş pilinin

montaj edilebileceği uygun yerler tespit edilerek, montajları yapılmıştır. Güneş pilinin montajı noktası Şekil III.3’de gösterilmektedir.



Şekil III.3 Güneş Pili Montaj Noktası

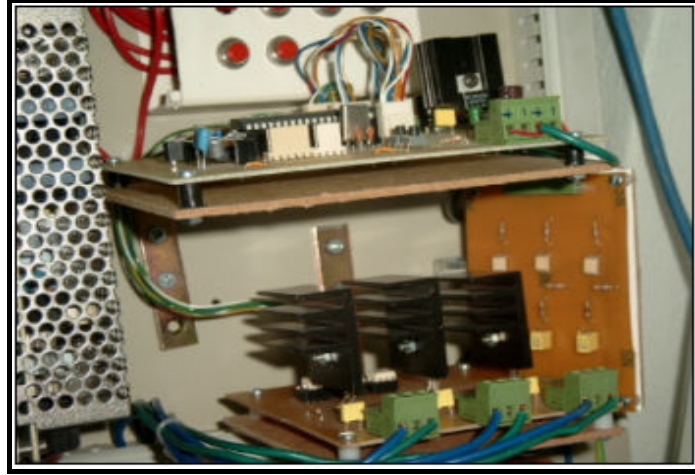
RIO standardı üzerinden birbirine bağlanan programlanabilir kontrolör ve bağdaştırıcıya bağlı dağıtık I/O’ların giriş/çıkış adreslemeler yapılmıştır. EK A’da programlanabilir kontrolör ve dağıtık I/O’ların adresleri verilmektedir.

MEGZUS’da, merkezi kontrol yapısını sahip RIO standardı üzerinde oluşabilecek arıza/arızalar veya veri yolu üzerindeki cihazların devre dışı edilme durumlarında, sinyalin kesildiği blok/bloklarda MEGZUS’un fonksiyonları gerçekleştirilemez. Bu durumda, RIO sistemi ile birlikte kullanılacak ve arıza anında aydınlatma sistemin sürekliliğini sağlamak için, hem merkez noktasına hem de bağdaştırıcıların bulunduğu noktalara birer mikrodnetleyici tabanlı sistem tasarlanmıştır. Mikrodnetleyici program hafızasına da, lamba gruplarının gerçek zaman ve harekete bağlı en uygun zaman diliminde devre girmesini ve çıkmasını sağlayan yani enerji tüketimini en uygun düzeyde tutarak gerçek zamanlı kontrol yapan US’lar yazılarak, US tabanlı denetleyici yapılmıştır. Böylece aydınlatma kontrolünün yapıldığı beş noktada US tabanlı *zeki kontrol noktaları* oluşturulmuştur.

Mikrodnetleyici hafızasında çalışan US, sadece yukarıda belirtilen durumda devreye girmektedir. Eğer RIO standardında bir arıza veya devre dışı edilme durumu yok ise mikrodnetleyici DAKS’da arabirim görevini yerine getirir. DAKS’da, RIO standardı üzerinde çıkış modüllerinin kontrol sinyalleri, lamba gruplarının sürüldüğü güç devrelerine mikrodnetleyici üzerinden iletilir.

Mikrodnetleyici kartından sonra lamba gruplarını sürmek için güç kartı, lambaların bulunduğu hatlardaki arızaları algılamak için arıza kartı tasarlanmıştır. Şekil III.4’de mikrodnetleyici kartı, güç kartı ve arıza kartının pano içindeki

yerleşimi görülmektedir. EK B’de her bloğa yerleştirilen mikrodnetleyici kartı, güç kartı ve arıza kartı devre şemaları verilmiştir.



**Şekil III.4 Mikrodnetleyici, Güç ve Arıza Kartlarının Yerleşimi**

Programlanabilir kontrolör, dağıtık I/O’lar, RIO standardının master ve slave modülleri, mikrodnetleyici kartı, arıza kartı, güç kartı ve diğer donanımlar beş ayrı panoya uygun şekilde yerleştirilmiştir. DAKS’ın çalışmasına uygun olarak tüm donanımların pano iç bağlantıları yapılmıştır. A blokta ki panonun içine ayrıca SUR lamba grubunda lamba arızalarını tespit etmek için akım trafosu ve akım transduseri yerleştirilmiş ve bağlantıları yapılmıştır. Örnek olarak Şekil III.5’de D bloğa ait pano bağlantısı ve Şekil III.6’de A bloğa ait pano bağlantısı görülmektedir. EK C’de de A bloğa ait kontrol panosu yerleşim planları ve bağlantı şemaları görülmektedir.



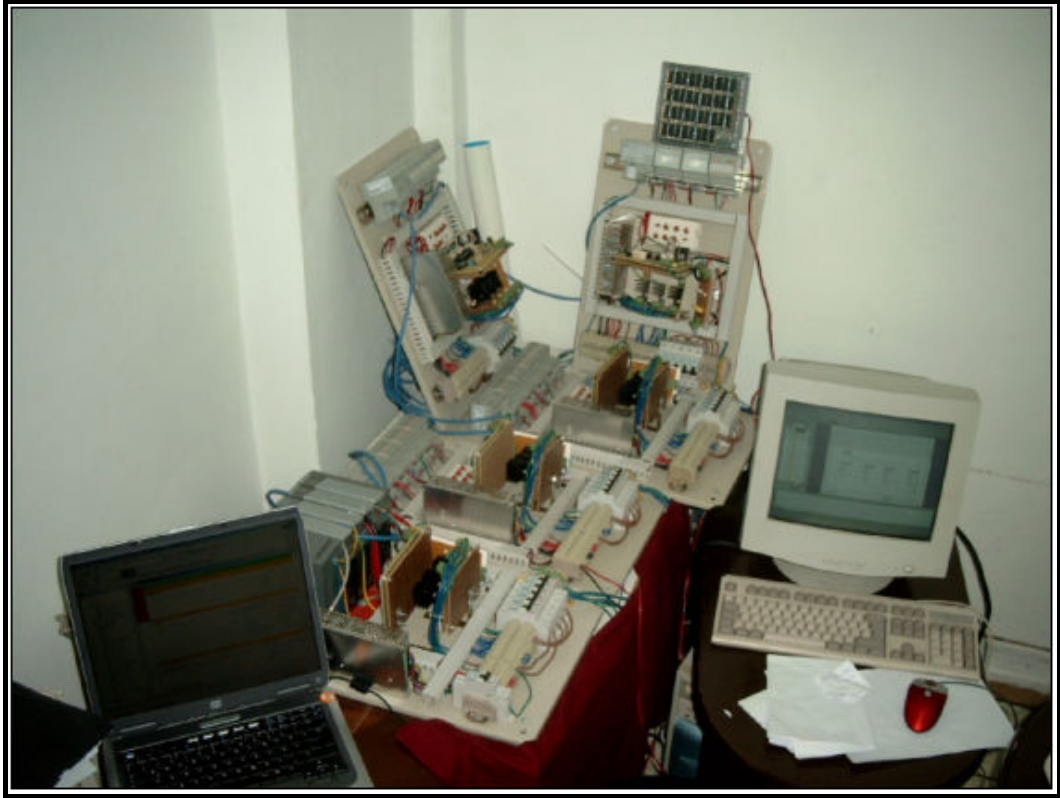
**Şekil III.5 RIO’da Master Birimi**



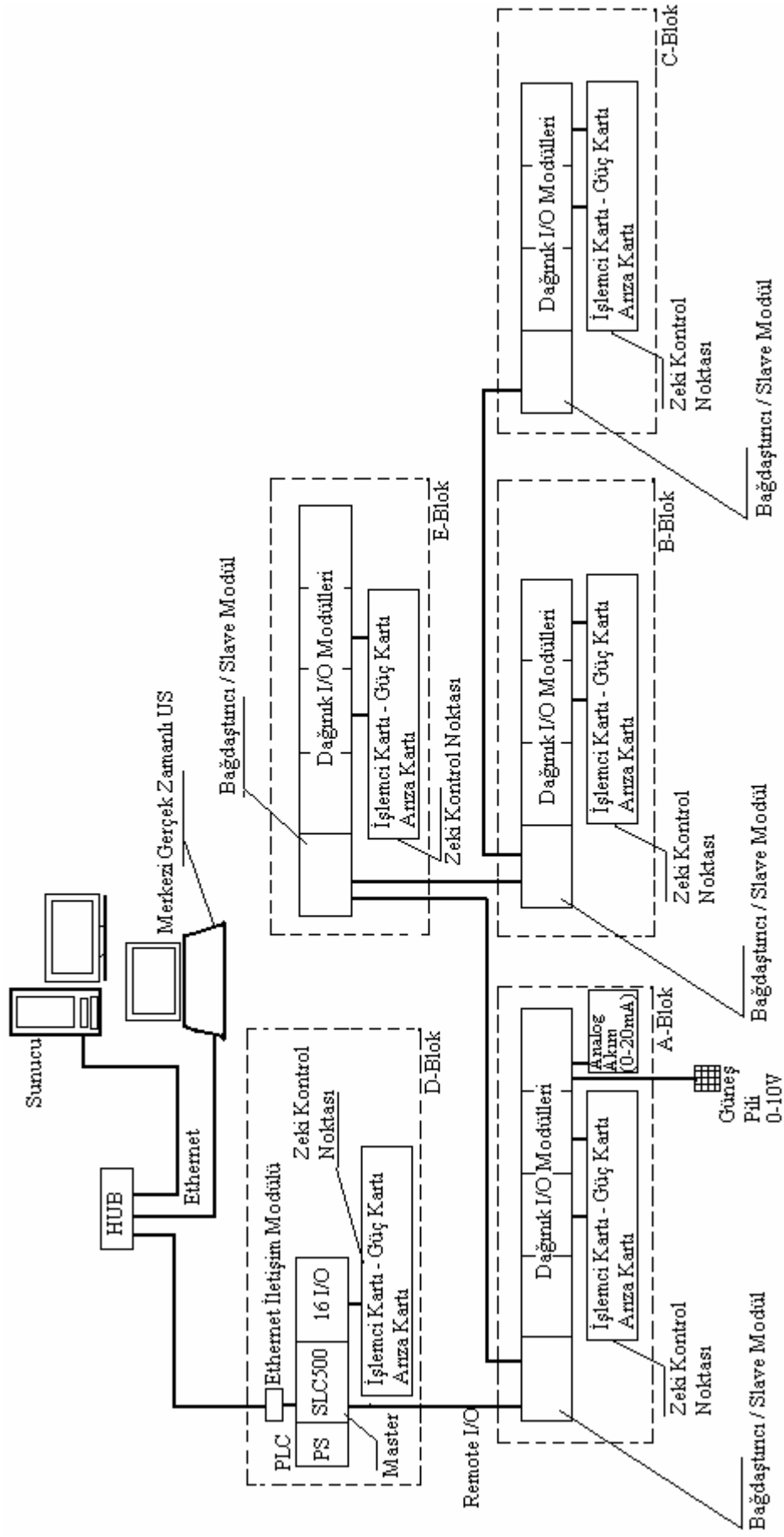
**Şekil III.6 RIO’da Bağdaştırıcı/Slave Birimi**

DAKS'ın Ethernet üzerinden kontrol ve izlenmesi için HMI yazılım paketinde aydınlatma sahası ekran üzerinde nesneler yardımıyla oluşturuldu ve bu nesnelerin her biri PLC'de ilgili adreslerle ilişkilendirildi. HMI yazılım paketi olarak Allen Bradley firmasının RSView32 7.10 kullanılmıştır.

US destekli gözetimli denetim ve veri toplama sistemini oluşturmak için HMI yazılım paketinin yazılım kodları ile bilgisayar ortamında MEGZUS tasarlandı ve DAKS'ın simülasyon aşaması başlatıldı. Bu aşamada da , hem bilgisayar hem de mikrodeneleyici ortamında tasarlanan US'ların tüm kurallar test edildi. Simülasyon aşamasında ideal sonuçlar elde edildikten sonra kontrol panoları beş blokta uygun yerlere montajı yapıldı. Şekil III.7'de simülasyon aşamasında kullanılan düzenek görülmektedir. DAKS'da saha veri yolu sistemi, zeki kontrol noktaları ve cihazların bloklardaki dağılımı da Şekil III.8'de görülmektedir.



Şekil III.7 DAKS'ın Simülasyon Aşaması



**Şekil III.8 DAKS'da Saha Veri Yolu Sistemi, Zeki Kontrol Noktaları ve Cihazların Bloklardaki Dağılımı**



## III.2. ARAŞTIRMA ARAÇLARI

Gerçekleştirilen DAKS’da, aşağıda açıklanan yazılım ve donanımlar kullanılmıştır. Kullanılan temel donanımlar; programlanabilir kontrolör, master, bağdaştırıcı/slave, dağıtık I/O, Ethernet iletişim modülü, mikrodenetleyici, algılayıcılar, akım trafosu, akım transduseri, güneş pili.

DAKS’da kullanılan yazılımlar; PLC programlama yazılımı, HMI yazılım paketi, geliştirilen mikrodenetleyici sisteminde yazılan kaynak kodlarını makine kodlarına dönüştüren assembler programı.

### *Programlanabilir Kontrolör (PLC):*

PLC, saha seviyesinde giriş/çıkış elemanları ve kendi donanımını kullanarak, süreç/süreçleri belleğine yazılan program veya bir haberleşme ağı üzerinden aldığı veriler ile kontrol eden işlemci tabanlı endüstriyel bilgisayardır. PLC, MEGZUS’un aydınlatma sahasına veri göndermesini sağlamak için hem yazılım hem de donanım arayüz olarak çalışmaktadır.

Programlanabilir kontrolörün işlemci kartı olarak Allen-Bradley firmasının SLC 500/03 1747-L531E kodlu kartı kullanılmıştır [38]. PLC’nin işlemcisinin genel özellikleri:

- 8K’lık kullanıcı program hafızası,
- 4096 I/O kapasitesi,
- DH-485 (Data Highway) ve RS-232 haberleşme kanalları,
- RIO ve DeviceNET saha veri yolları standardını destekleme.

PLC’nin işlemci kartının da bulunduğu ana kasasında ayrıca Allen-Bradley firmasının ürettiği aşağıdaki modüller bulunmaktadır [38]:

- RIO tarayıcı modül 1747-SN,
- Giriş modülü 1746-IB8,
- Çıkış modülü 1746-OW8.

*1747-SN RIO tarayıcı:* RIO standardında master kartı olarak kullanıldı. PLC ile saha cihazları arasında haberleşmeyi yöneten birimdir. Tek bir blok transferinde 64 kelimeye kadar veri iletilebilir. 32 cihaza kadar haberleşebilir. Tablo II.3’de görüldüğü gibi haberleşme hızları ayarlanabilir. 3050 metreye kadar haberleşme imkanı vardır.

*1746-IB8:* Giriş modülüdür. Modül 24V dc olup 8 girişlidir. Her bir blokta,

bölgesel olarak veya beş bölgedeki tüm lamba gruplarının devreye alınması/çıkarılmasını sağlayan kontrol girişleri bağlandı. Ayrıca lamba gruplarının bulunduğu hatlardaki arıza girişleri için kullanıldı.

*1746-OW8:* Çıkış modülüdür. TEF’de D-bloktaki lamba gruplarını sürmek için mikrodnetleyicinin giriş portuna çıkış sinyali gönderir. PLC ve mikrodnetleyici arasında haberleşme sinyali olarak kullanılan bir çıkış sinyali bulunmaktadır. Bu dijital sinyal 1746-OW8 için çıkış, mikrodnetleyici için giriş sinyalidir. 1746-OW8’in çıkış sinyali kesildiğinde, D-blokta aydınlatma kontrolünün sürekliliğini sağlamak için mikrodnetleyici tüm görevleri üzerine alarak program hafızasına yazılan US ile zeki kontrolü gerçekleştirir.

#### *Bağdaştırıcı/Slave:*

Saha veri yolu sistemlerinde merkezi kontrol yapısında haberleşmeyi yöneten master biriminden gelen komutlara göre kendisine bağlı modüllerde işlem yapan bağdaştırıcı/slave birimi bulunur. RIO standardında merkezi kontrol yapısına sahiptir. Bu noktada RIO standardında master 1747-SN RIO tarayıcı ile haberleşmeyi sağlamak için Allen-Bradley firmasının 1794-ASB RIO bağdaştırıcı kullanılmıştır. Bağdaştırıcıya 8 giriş/çıkış modülü bağlanabilir. Bağdaştırıcı üzerinde adresleme yapılır. Üç farklı haberleşme hızı seçeneği vardır (57.6k bit/s, 115.2 k bit/s, 230.4 k bit/s). Maksimum 4.6W’lık bir güç tüketir [38].

#### *Dağınık I/O:*

Bağdaştırıcıya bağlanan giriş/çıkış modülleridir. Modüllere sahadaki giriş ve çıkış elemanları bağlanır. DAKS’da bağdaştırıcıya bağlanan giriş/çıkış modülleri olarak, Allen-Bradley firmasının 1793-IB4, 1793-OW4 ve 1793-IE4 kodlu ürünleri kullanıldı.

*1793-IB4:* Giriş modülüdür. Her bir modül 4 dijital girişe sahiptir. Sahadaki lamba gruplarının bulunduğu hatlardaki dijital arıza girişlerinin, kızıl ötesi ve foto-elektrik sensörlerin, bölgesel olarak veya beş bölgedeki tüm lamba gruplarının devreye alınması/çıkarılmasını sağlayan dijital kontrol sinyallerinin bağlandığı modüldür. Modül girişlerinin lojik-1 durumuna gelmesi için gerilim 10-31.2V dc (nominal gerilimi 24V dc), girişlerin lojik 1 durumuna gelmesi için akım 2-12mA (24V doğru gerilimde 8mA), girişlerin lojik-0 durumuna gelmesi için maksimum 5V dc, girişlerin lojik-0 durumuna gelmesi için minimum 1.5mA dir. Her bir modülü; 4.6kΩ giriş empedansına, giriş sinyalinin filtreleme zamanları (256µs, 512µs, 1ms, 2ms, 4ms, 8ms, 16ms, 32ms), 1.5W güç tüketimine sahiptir [38].

*1793-OW4*: Çıkış modülüdür. Her bir modülden 4 dijital çıkış yapılabilir. Sahadaki lamba gruplarının devreye alınması/çıkarılması için mikrodnetleyiciye veya doğrudan tristörlere kontrol sinyallerini gönderen modüldür. Ayrıca 1793-OW4 ve mikrodnetleyici arasında haberleşme sinyali olarak kullanılan bir çıkış sinyali bulunmaktadır. Bu dijital sinyal 1793-OW4 için çıkış, mikrodnetleyici için giriş sinyalidir. 1793-OW4'ün çıkış sinyali kesildiğinde, ilgili blokta aydınlatma kontrolünün sürekliliğini sağlamak için mikrodnetleyici tüm görevleri üzerine alarak program hafızasına yazılan US ile zeki kontrolü gerçekleştirir. Modülün besleme gerilimi 19.2-31.2 V dc (nominal 24V dc), güç tüketimi 5W'dır. Modülün her bir çıkışına bağlanabilecek omik yük ve endüktif yük değerleri Tablo III.1'de görülmektedir [38].

**Tablo III.1 1793-OW4 Modülüne Bağlanabilecek Güç Değerleri**

| Omik Yük       | Endüktif Yük    |
|----------------|-----------------|
| 60W – 30V dc   | 60VA – 30V dc   |
| 24W – 48V dc   | 24VA – 48V dc   |
| 31W – 125V dc  | 31VA – 125V dc  |
| 250W – 125V ac | 250VA – 125V ac |
| 480W – 240V ac | 480VA – 240V ac |

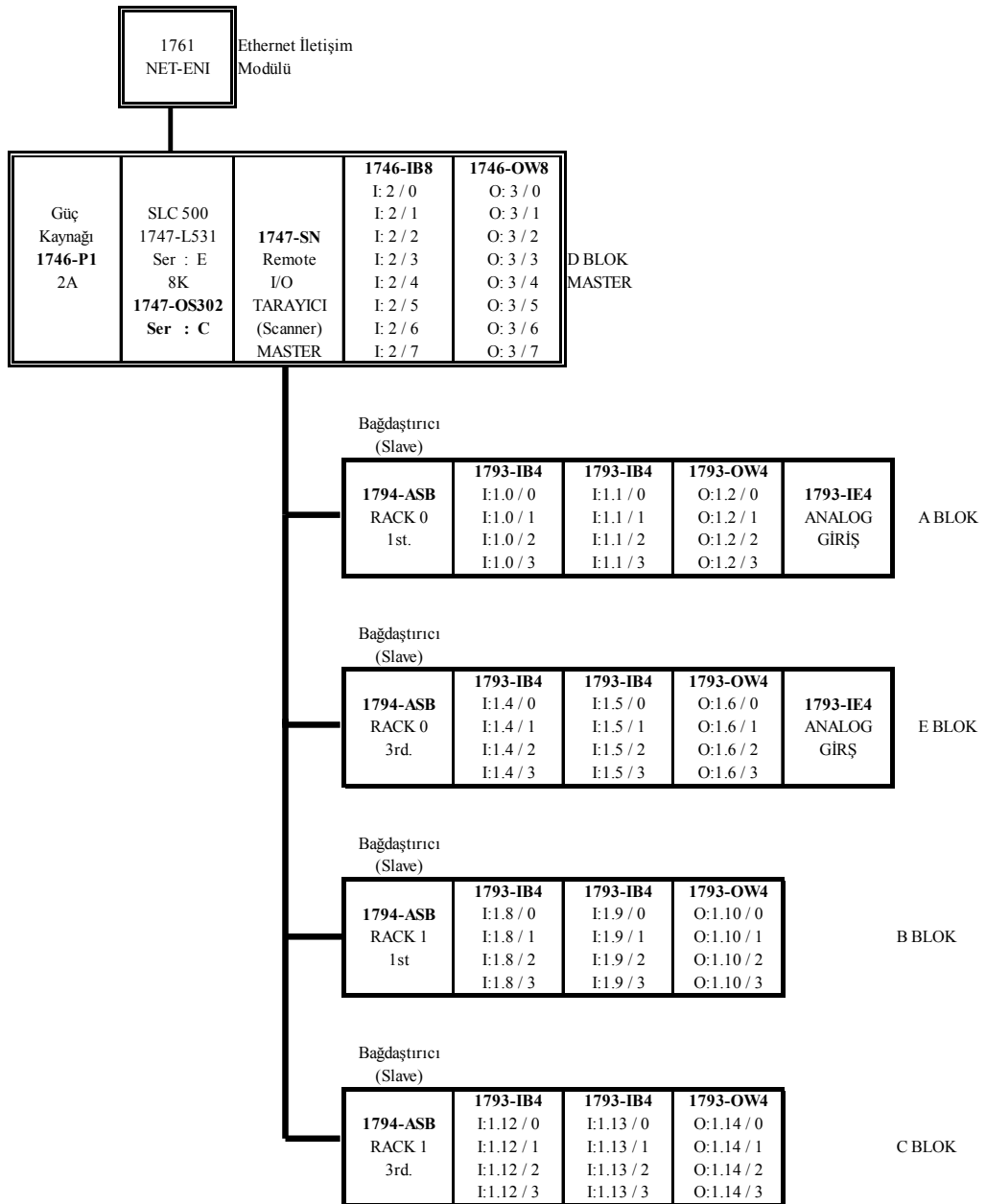
*1793-IE4*: Sahadaki analog giriş sinyallerin bağlandığı modüldür. Her modülün 4 analog giriş (akım/gerilim) kanalı vardır. Analog modül ile DAKS'da dış ortamdaki aydınlık düzeyinin değişimini ölçmek için kullanılan güneş pilinden üretilen analog gerilim (0-10V dc) ve A-blok SUR lamba grubunun analog akım (0-20mA) değerleri okunmaktadır. Modül girişlerine 0-20mA, 4-20mA, 0-10V,  $\pm 10V$  analog sinyaller bağlanabilir. Bu sinyallerin bağlanabilmesi için modülün programlanması gerekir.

Analog modülün giriş değerlerinin seçimini yapmak için modülün bağlı olduğu bağdaştırıcı ile PLC'de ki master RIO tarayıcı arasında BTY işlemi yapılır. BTY ile analog modülün bulunduğu yerin adresi ve yazılacak veri alanları (çatı (rack) numarası, grup numarası, slot numarası, kontrol blok adresi, değişken veri alanı adresi, M0 ara bellek adresi, talep edilen kelime sayısı) belirtilir. Bu bilgiler yardımıyla analog modülün giriş değerinin seçimi yapılır [38].

Analog giriş modülü 1793-IE4'ün giriş (okuma) ve çıkış (yazma) görüntü belleği vardır. Okuma belleği, modülün ilgili kanalına bağlanan analog sinyal değerinin yazıldığı kısımdır. BTO işlemi ile analog sinyalin yazıldığı alan okunur.

Yazma belleği, BTY işlemi ile modülü konfigüre etmek için kullanılan kısımdır. Tablo III.2’de okuma belleğinin içeriği, Tablo III.3’de yazma belleğinin içeriği, Tablo III.4’de analog modülün girişlerine bağlanacak analog sinyalin büyüklüğünün nasıl belirlendiği, Tablo III.5’de analog giriş sinyallerinin değer tablosu görülmektedir [38].

Kullanılan SLC 500/03 işlemci ve dağıtık I/O’ların bağlantı düzeni ve adreslemeleri Şekil III.9’da görülmektedir.



Şekil III.9 SLC 500/03 İşlemci, Ethernet İletişim Modülü ve Dağıtık I/O’ların Bağlantı Sıraları ve Adresleri

**Tablo III.2 1793-IE4 Analog Modül Okuma Belleği**

| Bit      | 15 | 14                                             | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3  | 2  | 1  | 0  |
|----------|----|------------------------------------------------|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|
| Kelime 0 | S  | Analog giriş değeri ( Kanal 0)                 |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| Kelime 1 | S  | Analog giriş değeri ( Kanal 1)                 |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| Kelime 2 | S  | Analog giriş değeri ( Kanal 2)                 |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| Kelime 3 | S  | Analog giriş değeri ( Kanal 3)                 |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| Kelime 4 | S  | Üretici firma tarafından önceden ayrılmış alan |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| Kelime 5 | S  | Üretici firma tarafından önceden ayrılmış alan |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| Kelime 6 | S  | Üretici firma tarafından önceden ayrılmış alan |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| Kelime 7 | S  | Üretici firma tarafından önceden ayrılmış alan |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |
| Kelime 8 | PU | Kullanılmayan alan-lojik 0 yapılıdır.          |    |    |    |    |   |   |   |   |   |   | U3 | U2 | U1 | U0 |

S= işaret biti,

U=4-20mA kullanımı,

PU= lojik 1 ise analog modül düzenlenemez

**Tablo III.3 1793-IE4 Analog Modül Yazma Belleği**

| Bit      | 15                    | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9  | 8  | 7                     | 6 | 5 | 4 | 3  | 2  | 1  | 0  |
|----------|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|-----------------------|---|---|---|----|----|----|----|
| Kelime 0 | Önceden ayrılmış alan |    |    |    | C3 | C2 | C1 | C0 | Önceden ayrılmış alan |   |   |   | F3 | F2 | F1 | F0 |

C= Konfigüre seçim biti,

F= Tam değer biti

**Tablo III.4 1793-IE4 Analog Modülün Girişlerindeki Analog Sinyalin Büyüklüğünün Belirlenmesi**

| Analog Giriş Kanal No | Kanal 0 |    | Kanal 1 |    | Kanal 2 |    | Kanal 3 |    |
|-----------------------|---------|----|---------|----|---------|----|---------|----|
|                       | F0      | C0 | F1      | C1 | F2      | C2 | F3      | C3 |
| Desimal bit           | 0       | 8  | 1       | 9  | 2       | 10 | 3       | 11 |
| 0-10V dc/0-20 mA      | 1       | 0  | 1       | 0  | 1       | 0  | 1       | 0  |
| 4-20mA                | 0       | 1  | 0       | 1  | 0       | 1  | 0       | 1  |
| (-10V) – 10V dc       | 1       | 1  | 1       | 1  | 1       | 1  | 1       | 1  |
| Kapalı                | 0       | 0  | 0       | 0  | 0       | 0  | 0       | 0  |

C= Konfigüre seçim biti,

F= Tam değer biti

**Tablo III.5 Analog Giriş Sinyallerinin Değer Tablosu**

| Akım<br>(mA) | 4-20mA<br>(Hex) | 0-20mA<br>(Hex) | Gerilim<br>(Volt) | ± 10 Volt      |               | 0-10<br>Volt<br>(Hex) |
|--------------|-----------------|-----------------|-------------------|----------------|---------------|-----------------------|
|              |                 |                 |                   | Giriş<br>(Hex) | Çıkış<br>(ex) |                       |
|              |                 |                 | -10.50            | 8000           | 8000          |                       |
| 0.00         |                 | 0000            | -10.00            | 8620           | 8618          |                       |
| 1.00         |                 | 0618            | -9.00             | 9250           | 9248          |                       |
| 2.00         |                 | 0C30            | -8.00             | 9E80           | 9E78          |                       |
| 3.00         |                 | 1248            | -7.00             | AAB0           | AAA8          |                       |
| 4.00         | 0000            | 1860            | -6.00             | B6E0           | B6D8          |                       |
| 5.00         | 0787            | 1E78            | -5.00             | C310           | C310          |                       |
| 6.00         | 0F0F            | 2490            | -4.00             | CF40           | CF40          |                       |
| 7.00         | 1696            | 2AA8            | -3.00             | DB70           | DB70          |                       |
| 8.00         | 1E1E            | 30C0            | -2.00             | E7A0           | E7A0          |                       |
| 9.00         | 25A5            | 36D8            | -1.00             | F3D0           | F3D0          |                       |
| 10.00        | 2D2D            | 3CF0            | 0.00              | 0000           | 0000          | 0000                  |
| 11.00        | 34B4            | 4310            | 1.00              | 0C30           | 0C30          | 0C30                  |
| 12.00        | 3C3C            | 4928            | 2.00              | 1860           | 1860          | 1860                  |
| 13.00        | 43C3            | 4F40            | 3.00              | 2490           | 2490          | 2490                  |
| 14.00        | 4B4B            | 5558            | 4.00              | 30C0           | 30C0          | 30C0                  |
| 15.00        | 52D2            | 5B70            | 5.00              | 3CF0           | 3CF0          | 3CF0                  |
| 16.00        | 5A5A            | 6188            | 6.00              | 4920           | 4928          | 4928                  |
| 17.00        | 61E1            | 67A0            | 7.00              | 5550           | 5558          | 5558                  |
| 18.00        | 6969            | 6DB8            | 8.00              | 6180           | 6188          | 6188                  |
| 19.00        | 70F0            | 73D0            | 9.00              | 6DB0           | 6DB8          | 6DB8                  |
| 20.00        | 7878            | 79E8            | 10.00             | 79E0           | 79E8          | 79E8                  |
| 21.00        | 7FFF            | 7FF8            | 10.50             | 7FF0           | 7FF8          | 7FF8                  |

**1761-NET-ENI:**

Ethernet iletişim modülüdür. PLC üzerindeki RS-232 ile Ethernet arasında bir arabirimdir. Ethernet üzerinden PLC ile haberleşmek için kullanılır. Modül; bilgisayar ile PLC arasında kullanıcı programını yükleme/alma, SCADA sisteminde PLC'yi izleme ve kontrol imkanı, farklı programlanabilir kontrolör cihazları ile haberleşme imkanı sağlar. Modülün teknik özellikler: 10 Base-T(RJ45) port, RS-232C port (2400, 4800, 9600, 19.2k, 38.4k baud), besleme gerilimi 24V dc [38].

**Mikrodenetleyici:**

Mikrodenetleyici olarak Microchip firmasının PIC16F877A kodlu ürünü kullanılmıştır. DAKS'da 16F877A'nin giriş portlarına; lambaları bölgesel olarak devreye alınması/çıkarılması için kontrol girişleri, kızıl ötesi ve foto-elektrik sensörler, RIO sistemindeki çıkış modüllerinden (1793-OW4, 1746-OW8) lambaları devreye alınması/çıkarılması için çıkış sinyalleri (mikrodenetleyici için giriş sinyalleri) bağlanır. Ayrıca çıkış modülü (1793-OW4 ve 1746-OW8) ve

mikrodenetleyici arasında haberleşme sinyali olarak kullanılan bir çıkış sinyali bulunmaktadır. Bu dijital sinyal modül için çıkış, mikrodenetleyici için giriş sinyalidir. Modülün çıkış sinyali kesildiğinde, ilgili blokta aydınlatma kontrolünün sürekliliğini sağlamak için mikrodenetleyici tüm görevleri üzerine alarak program hafızasına yazılan US ile zeki kontrolü gerçekleştirir. 16F877A'nın çıkış portlarına, lamba gruplarını sürmek için optik izolasyon üzerinden tristörler bağlanmıştır.

16F877A'nın temel özellikleri [130]: Çalışma hızı 20 MHz., program hafızası 8K×14 kelime, veri hafızası: 368×8 bayt, EEPROM 368×8 bayt, PORTA 6 bit, PORTB 8 bit, PORTC 8 bit, PORTD 8 bit, PORTA 3 bit, 3 zamanlayıcı (Timer0, Timer1, Timer2), 8 kanal analog dijital dönüştürücü 10 bit çözünürlük, PWM (Pulse Width Modulation-darbe genişlik modülasyonu), USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter-Senkron/asenkron alıcı verici) seri iletişim arayüzü (monitör, bilgisayar) şeklinde sıralanabilir.

#### *Algılayıcılar:*

DAKS'da aydınlatma sahasında harekete bağlı lamba gruplarını devreye alınması/çıkarılması için foto-elektrik sensörler ve kızıl ötesi sensörü kullanılmıştır. Foto-elektrik sensör olarak Schneider Elektrik Telemecanique firmasına ait XUK-2AKSAL2 kodlu ürünü kullanılmıştır. Ürün, TEF'de A-B blok ve B-C blok arası hareket algılanacak mesafenin uzun olması sebebiyle karşılıklı sistem yöntemi seçilmiştir. Karşılıklı sistemin maksimum algılama mesafesi 45 metre, besleme gerilimi 10...30V dc, yük akımı  $\leq 100$  mA, maksimum anahtarlama frekansı 1 kHz'dir [131]. E blok tarafında hareket algılanmasında kızıl ötesi sensör kullanılmıştır. Kızıl ötesi sensör: 2m ile 11m arası 180° algılama ve besleme gerilimi 180-220V ac özelliklerine sahiptir.

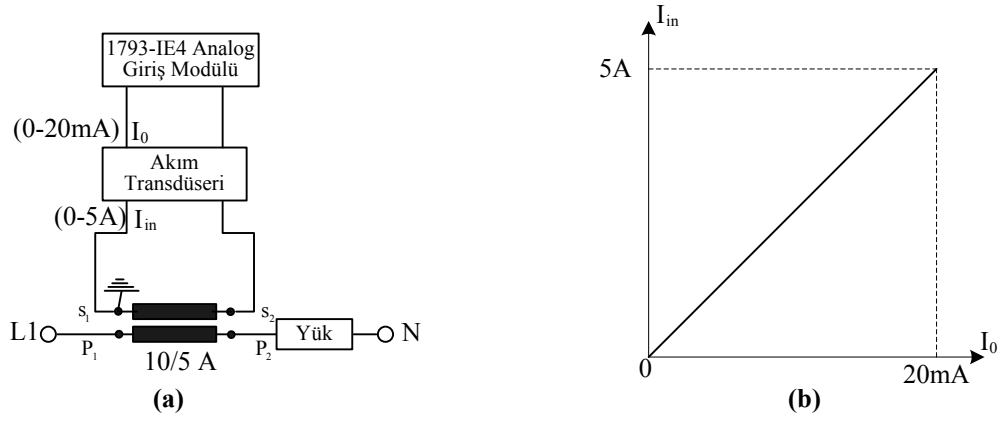
#### *Akım trafosu:*

DAKS'da lamba arıza durumlarını US ile teşhis edilmesinde lamba gruplarının akım değerinin ölçülmesi ve uygun değeri düşürülmesi gerekir. A-blok SUR lamba grubunun faz akımının, akım transduserine bağlanabilecek düzeye indirmek için ALCE Elektrik Sanayi ve Ticaret A.Ş. firmasının AKS tipli akım trafosu kullanılmıştır. Akım trafosu; Primer akımı 10A, sekonder akımı 5A, 10VA, 0.5 sınıfı özelliklere sahiptir [132].

#### *Akım transduseri:*

Transduser, girişindeki elektriksel sinyali standart analog sinyallere dönüştürür. Akım transduseri; DAKS'da A-blok SUR lamba grubunun faz akımının akım trafosu

çıkışını, standart 0-20mA analog sinyale dönüştürerek 1793-IE4 analog giriş modüle bağlanır. Akım transduseri olarak ENTES firmasının TA-112 kodlu ürünü kullanılmıştır. Şekil III.10'da akım transduserinin bağlantı şeması ve girişi ile çıkışı arasındaki doğrusal değişimi görülmektedir.



**Şekil III.10 Akım Transduserinin (a) Bağlantı Şeması (b) Girişi ve Çıkışı Arasındaki Doğrusal Değişim**

TA-112 akım transduserinin teknik özellikleri [133]:

Ölçü girişi: 0-5A AC, 50 Hz

Güç tüketimi: 4 VA ( $I_0=20\text{mA}$ )

Çıkış sinyali: 0-20mA dc

Doğrusal çıkış aralığı:  $(0,05 \dots 1,1) \times I_n$

Yük:  $\leq 750\Omega$

Çıkış tepki süresi:  $\leq 300\text{ms}$

Test gerilimi: 4kV 1 dakika boyunca

Koruma sınıfı: IP40

*Güneş pili:*

Güneş pilleri, yüzeyine gelen aydınlık düzeyi değerini doğrudan elektrik enerjisine dönüştüren yarıiletken maddelerdir. DAKS'da dış ortamdaki aydınlık düzeyini belirlemek için kullanılmıştır. Güneş pilinin gün ışığına bağlı olarak ürettiği analog gerilim 1793-IE4 analog giriş modülünün kanal 0 girişine uygulanır. Aydınlık düzeyinin değişimine bağlı olarak lamba gruplarının devreye alınması/çıkarılması sağlanır. Güneş pilinin maksimum çıkış gerilimi 10V ve maksimum akımı 160mA'dır. Güneş pilinin yapımında kristal silisyum malzemeden üretilmiştir.



#### *RSLogix 500 Starter:*

PLC yi programlamak için kullanılan Allen-Bradley firmasının IEC 1131-3 tabanlı yazılımıdır. RIO ile ilgili modül düzeni ve konfigürasyonu bu yazılım ile gerçekleştirilir [38].

#### *RSView32:*

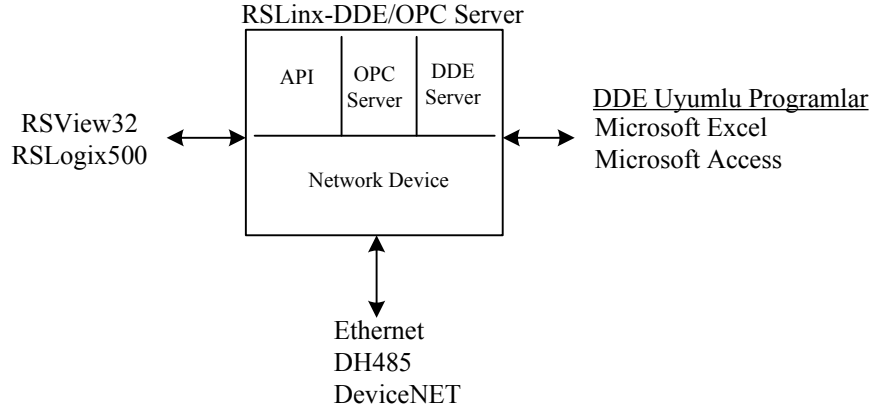
HMI yazılım paketi ürünüdür. SCADA sistemini oluşturmak için gerekli olan HMI yazılım paketi olarak Allen Bradley firmasının RSView32 7.10 ürünü kullanıldı. Dış aydınlatma sisteminin Ethernet üzerinden izlenmesi ve kontrolünü sağlayacak yazılım paketinde sistem, ekran üzerinde nesneler yardımıyla oluşturuldu ve bu nesnelerin her biri PLC ilgili adreslerle ilişkilendirildi. Yazılım paketi yardımıyla hazırlanan programın, uygulama program arayüzü vasıtasıyla programlanabilir kontrolör ile haberleşmesi sağlandı. Ayrıca DAKS'ın zeki hale gelmesini sağlayan merkezi US, RSView32'de yazıldı. HMI paketi RSView32 aşağıdaki özellikleri sağlar [38]:

- Farklı cihazlarla haberleşmek,
- Uygulama editörü,
- Farklı seviyelerde şifreleme,
- Sistemin etkinliklerini kaydetme ve izleyebilme,
- ODBC (Open Database Connectivity-Açık Veritabanı Bağlantısı) veri tabanına doğrudan veri aktarımı,
- OPC sunucu-istemci özeliği
- Grafik ekranları için yardımcı kütüphane,
- Reçete dosyası oluşturma,
- Alarm bilgilerini izleme ve kaydetme,
- Veri tutanağı,
- Dahili etiket (tag) oluşturma,
- Farklı veri tiplerini destekleme,
- Farklı haberleşme standartlarını destekleme,
- Kullanıcı haberleşme arabirimlerini yazabilme yeteneği (open system),

#### *RSLink:*

RSLogix ve HMI yazılımları dahil olmak üzere çok sayıda sistemle ve uygulamayla haberleşebilen Allen-Bradley firmasının haberleşme yazılım paketidir.

DDE uyumluluğu sayesinde Microsoft Excel ve Microsoft Access gibi paketlerle uyumlu olan RSLinx, OPC ile de uyumludur. Şekil III.11’de haberleşme yazılımının uyumlu çalıştığı ortamlar görülmektedir [38].



Şekil III.11 Haberleşme Yazılımı RSLinx’in Uyumlu Çalıştığı Ortamlar

*MPLab:*

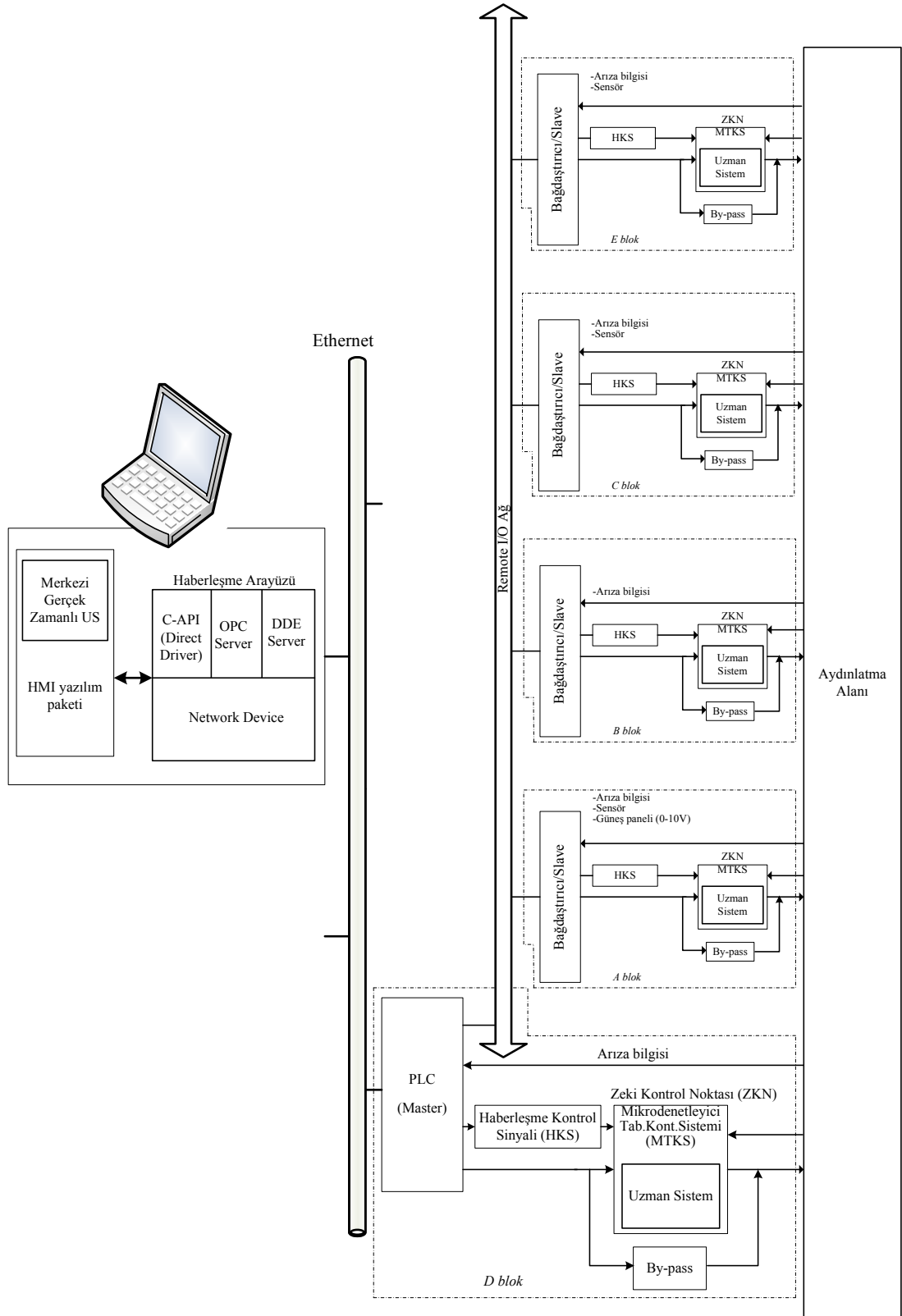
Mikrodenetleyici hafızasına yüklenen US’un programının yazıldığı metin editörünün ve yazılan programı makine diline çeviren MPASM assembler programını içinde barındıran, Microchip firmasının bir yazılım paketidir [130].

### III.3. DAKS’IN GENEL YAPISI

US destekli gözetimli denetim ve veri toplama sistemi ile dış aydınlatma kontrolünün genel blok diyagramı Şekil III.12’de gösterilmektedir.

Gerçekleştirilen DAKS’ın özelliklerini aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

- DAKS; Bilgisayar ve mikrodenetleyici tabanlı ortamlarda gerçekleştirildi.
- DAKS’ın Ethernet üzerinden kontrolü ve izlenmesi sağlandı.
- Sistemde yapay zeka tekniklerinden US kullanılarak dış aydınlatma sistemi zeki hale getirildi.
- Gerçek zamanlı US, hem bilgisayar ortamında (MEGZUS) hem de mikrodenetleyici içinde oluşturuldu.



**Şekil III.12 Uzman Sistem Destekli Gözetimli Denetim ve Veri Toplama Sistemi ile Dış Aydınlatma Kontrolü Genel Blok Diyagramı**

- Mikrodenetleyici kullanılarak oluşturulan US tabanlı ZKN (Zeki Kontrol Noktası), mikrodenetleyicinin haberleştiği modül ile dijital sinyal kesildiğinde devreye girer. US tabanlı ZKN: dış aydınlatmanın kontrolü fonksiyonuna sahiptir.
- Merkezi gerçek zamanlı US: Dış aydınlatmanın kontrolü, izlenmesi, lamba hat ve lamba arıza teşhis ve yük tahmini fonksiyonlarına sahiptir.
- PLC, merkezi gerçek zamanlı US için hem arayüz hem de aydınlatma kontrolünü destekleme fonksiyonlarını yerine getirir.
- Dağıtılmış kontrol sistemi mantığına uygun olarak aydınlatma sahasının geniş olması sebebiyle saha veri yolu sistemlerinden URIO standardı kullanıldı.
- MEGZUS ve US tabanlı ZKN’de *uygun gerçek zaman dilimi* kavramı; US kurallarında güneşin hareketleri dikkate alınarak yazılan, lamba gruplarının devreye alınabileceği ve devreden çıkarılabileceği gerçek zaman aralığının karşılığı olarak kullanılmıştır.
- MEGZUS’da *güvenli zaman dilimi* kavramı; lamba grupları aktif edildikten sonra, aydınlık düzeyi ölçümünde kullanılan güneş pili üzerine çeşitli sebeplerle yapay ışık düşmesi sonucu, lambaların devreden çıkarılmasını engellemek için gerçek zamana göre güvenli zaman dilimi belirlenmiştir. Bu diliminde, lamba gruplarının devreden çıkarılması için aydınlık düzeyi dikkate alınmamıştır.
- MEGZUS’da *uygun zaman dilimi* kavramı; Gerçek zaman ve güneş pili ile elde edilen aydınlık düzeyi bilgisinin US kurallarında yorumlanarak lambaların devreye alındığı ve çıkarıldığı gerçek zaman aralığının karşılığı olarak kullanılmıştır.

### III.4. MERKEZİ GERÇEK ZAMANLI UZMAN SİSTEM

MEGZUS (Merkezi Gerçek Zamanlı Uzman Sistem), DAKS’ı zeki hale getirmek için HMI yazılım paketi RSVIEW32’de gerçekleştirilmiştir. MEGZUS’u gerçekleştirme amacı; Bölüm I, Bölüm II ve Bölüm III’de giriş bölümlerinde açıklanmıştır.

MEGZUS’da kullanıcı için bir arayüz olarak tasarlanan ekran Şekil III.13’de

gösterilmektedir. MEGZUS'un devreye alınması, çıkarılması ve izlenmesi RSVIEW32 ekranı üzerinden gerçekleştirilir. MEGZUS'un amaçlarında belirtildiği gibi MEGZUS kapsamında, dört farklı disiplin alanında US tasarlanmıştır. Bu dört alan; kontrol, izleme, arıza teşhis ve yük tahminidir. Bunların fonksiyonu aşağıda verilmiştir:

- Gerçek zamanlı kontrol ve izleme,
- Gerçek zamanlı lamba arıza teşhis,
- Gerçek zamanlı lamba hat arıza teşhis,
- Gerçek zamanlı yük tahmini.

Bölüm II.2.2'de ifade edildiği gibi US iki ana bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; çıkarım mekanizması ve bilgi tabanıdır. Sayılan fonksiyonları gerçekleştirmek için tasarlanan US'ların yapısında da iki ana bileşenden biri olan bilgi tabanı MEGZUS'da üç aşamada oluşturuldu. Bunlar;

- Her bir disiplin alanının tasviri,
- Her bir alan için bilginin elde edilmesi
- Alanlarda bilginin sunulması modelinin seçilmesi

MEGZUS'un dört farklı disiplin alanının nasıl tasvir edildiği kendi başlıkları altında anlatılmıştır. Bilginin elde edilmesinde kaynak olarak; uzman kişinin bilgi ve tecrübesi, matematik modeller, kullanıcılar ve yaşanan olaylardan faydalanılmıştır.

MEGZUS'un fonksiyonları oluşturulurken, nesnelerin oluşturulması ve bunlar arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde, bilginin sunulması modellerinden üretim kuralları (üretim sistemleri) modeli kullanıldı. Bu model *If...Then* (Eğer...O Halde) kuralları ile gerçekleştirilir.

MEGZUS'un tüm fonksiyonlarının US yapısında bulunan çalışan bellekteki mevcut gerçeklerin gözden geçirilmesi ve bilgi tabanındaki *If...Then* kurallarının gözden geçirilmesi ile elde edilecek çıkarımda *ileriye doğru zincirleme* yöntemi kullanılmıştır.

MEGZUS için PLC hem arayüz hem de dış aydınlatma kontrolünü destekleme fonksiyonlarını yerine getirir. Sahadaki verilerin okunması ve yazılması PLC'nin giriş/çıkış ve analog modülleri üzerinden gerçekleştirilir.

MEGZUS'un dört fonksiyonu aşağıda ayrı başlıklar altında anlatılmıştır.

Merkezi Gerçek Zamanlı Uzman Sistemi-MEGZUS  
çalıştırmak için butona basınız

**UZMAN SİSTEM-MEGZUS**

Gerçek Zamanlı Yük Tahmini-GEZYÜT

Lamba Arıza  
Hat Arıza  
Lamba Kontrol

Lamba Arızalarını tespit eden UZMAN SİSTEM'i  
çalıştırmak için öncelikle Lamba Güçlerini belirleyiniz.

A blok SUR lamba grubuna  
kaç adet lamba bağlıdır?  
Listeden seçmek

Tahmin etmek ☒ Tercih 1'i seç

Güçleri tahmin etmek için  
lamba grubunu 1 dakika aktif ediniz  
SUR:

| Lamba 1       | Lamba 2 | Lamba 3 | Güvenilirlik | Katsayı |
|---------------|---------|---------|--------------|---------|
| 1.Tercih: ### | ###     | ###     | ###          | ###     |
| 2.Tercih: ### | ###     | ###     | ###          | ###     |
| 3.Tercih: ### | ###     | ###     | ###          | ###     |
| 4.Tercih: ### | ###     | ###     | ###          | ###     |

Lamba 1 Lamba 2 Lamba 3 Toplam

### ### ### ###

Toplam güç 2300W  
üzerinde ise lambaları  
ÇALIŞTIRMAYINIZ.

ANA MENÜ - F2

AYDINLATMA - F4

AYARLAR - F3

SİSTEM DURDURMA

Gerçek Zamanlı Lamba Arıza Teşhis-GEZLAT

Güvenilirlik  
Katsayı

#####

Tavsiyeler: Lamba kontrol, Armatör bağlantı noktasını kontrol  
Sigorta Kontrol!  
Pano klemens bağlantısı kontrol,  
Güç kartı kontrol, İşlemci kartı kontrol,  
Flex-Integrus modül çıkış kontrol, Kablo hattı kontrol  
Lütfen, Uzman Sistem içinde Hat Arıza birimini aktif ediniz.

Gerçek Zamanlı Hat Arıza Teşhis-GEZHAI

A Blok HatArıza: #####  
B Blok HatArıza: #####  
C Blok HatArıza: #####  
D Blok HatArıza: #####  
E Blok HatArıza: #####

Güvenilirlik  
Katsayı

A Blok B Blok C Blok D Blok E Blok

### ### ### ### ###

Tavsiyeler: Sigorta kontrol, Arıza kartı kontrol, Pano klemens kontrol,  
Güç kartı kontrol, Kablo hattı kontrol, Ek noktaları kontrol

Gerçek Zamanlı Kontrol ve İzleme-GEZKİ

Güvenilirlik  
Katsayı

#####

Tavsiyeler: Saat kontrol, Günes paneli bağlantı kontrol  
E bloktaki panel kontrol

Lamba Gruplarının Durumları:

A Blok B Blok C Blok D Blok E Blok

SUR 23 HR SUR 23 HR SUR 23 HR SUR 23 HR SUR 23HR

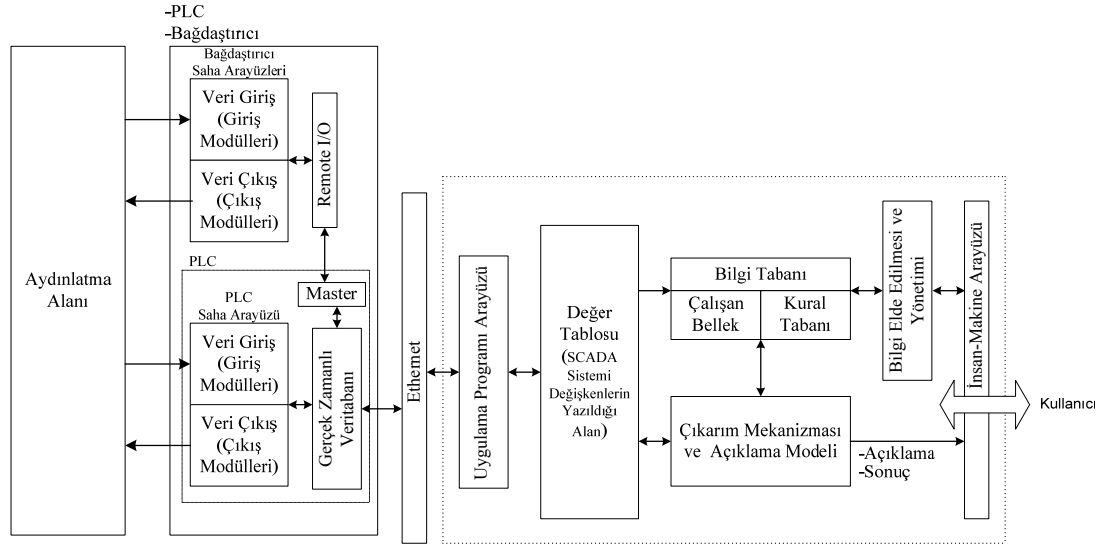
### ### ### ### ###

#####

Şekil III.13 Merkezi Gerçek Zamanlı US için Kullanılan US Ekranı

### III.4.1. Gerçek Zamanlı Kontrol ve İzleme için US

MEGZUS kapsamında dış aydınlatmada GEZKİ (Gerçek Zamanlı Kontrol ve İzleme) için tasarlanan US'un blok diyagramı Şekil III.14'de gösterilmiştir.



Şekil III.14 Gerçek Zamanlı Kontrol ve İzleme Uzman Sistemin Blok Diyagramı

GEZKİ kullanılan değişkenler; kızıl ötesi ve foto-elektrik sensörlerden gelen bilgiler, güneş pilinden alınan analog gerilim (aydınlık düzeyi değeri), gerçek zaman, A-blok SUR lamba grubunun faz akımı analog akım (0-20mA), dijital kontrol girişleri ve çıkışlarıdır.

GEZKİ fonksiyonun iki temel amacı vardır. Bunlar:

- Gerçek zaman ve/veya güneş pili ile elde edilen aydınlık düzeyi bilgisinin yorumlanarak en uygun zaman dilimleri arası lambaların devreye alınması ve çıkarılması için gerekli kontrol işaretinin üretilmesi,
- Kontrol sisteminden alınan bilgilerin yorumlanması ve lambaların aktif olup olmadığının izlenmesi.

İki amacı gerçekleştirmek için PLC, US için hem arayüz hem de aydınlatma kontrolünü destekleme fonksiyonlarını yerine getirir.

#### III.4.1.1. GEZKİ Bilgi Tabanında Disiplin Alanının Tasviri

GEZKİ için US'un bilgi tabanının tasvirinde aşağıdaki aşamalar kullanılmıştır:

### *1.a. GEZKİ Probleminin Karakterlerinin Ortaya Çıkarılması*

Ana başlıklar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Gerçek zaman ve aydınlık düzeyine bağlı olarak lamba grubunun devreye alınması ve çıkarılması.
- Lambalar aktif edildikten sonra, aydınlık düzeyi ölçümünde kullanılan güneş pili üzerine çeşitli sebeplerle yapay ışık düşmesi sonucu, lambaların devreden çıkarılmasını engellemek için güvenli zaman dilimi belirlenmiştir. Bu diliminde aydınlık düzeyi dikkate alınmamıştır. Güvenli zaman diliminde lamba gruplarının devreye alınması ve çıkarılması.
- Aydınlık düzeyine bağlı olarak lamba grubunun devreye alınması ve çıkarılması.
- Lamba gruplarının aktif olup olmadığının izlenebilmesi.
- Gerçek zaman ve aydınlık düzeyinin uyumlu olmadığı anlarda lamba grupları için uyarı verilebilmesi.

### *1.b. GEZKİ Problemindeki Nesnelerin Belirlenmesi*

Problemin karakterlerine göre belirlenen nesneler:

- Gerçek zaman (ay, gün, saat, dakika),
- Dış ortamdaki aydınlık düzeyi değişimini ölçmek için kullanılan güneş pilinden üretilen analog gerilim (0-10V dc). Analog gerilimin aydınlık düzeyi değerine dönüştürülmesi Bölüm III.5.1’de anlatılmıştır. Aydınlık düzeyi, birim yüzeye düşen ışık akısı toplamıdır ve birimi lüx’dür.
- PLC’de lamba gruplarının çıkışları (A blok: SUR, HR, 23 çıkışları- B blok: SUR, HR, 23 çıkışları- C blok: SUR, HR, 23 çıkışları- D blok: SUR çıkışı- E blok: SUR, 23/HR çıkışları).
- A-blok SUR lamba grubu faz akım analog akım bilgisi (0-20mA).
- PLC’de hat arıza girişleri (A blok: L1, L2, L3 faz girişleri- B blok: L1, L2, L3 faz girişleri- C blok: L1, L2, L3 faz girişleri- D blok: L1, L2, L3 faz girişleri- E blok: L1, L2 faz girişleri).

### *1.c. GEZKİ Nesneleri Arasındaki İlişkilerin Saptanması*

Gerçek zaman ve aydınlık düzeyinin uygun değer aralıklarında lamba gruplarının devreye alınması ve çıkarılması için gerekli kontrol işaretinin üretilmesi.



Dış ortamdaki aydınlık düzeyini ölçmek için kullanılan güneş pilinden üretilen analog gerilim, daha önce belirlenen referans değerlerle karşılaştırılmıştır. Referans değer 1,5V'dur. Bu değer aydınlık düzeyi olarak karşılığı 4,5 lüks'dür. Dış ortamdaki aydınlık düzeyi, gecikme zamanı kadar referans değer altındaki ve lamba gruplarının uygun gerçek zaman dilimine girilmiş ise lamba grupları (23 lamba grubu (RSView32'den gelen tercihe göre) ve SUR lamba grubu) aktif edilmiştir. Aydınlık düzeyi değeri uygun değere geldiğinde (güvenli zaman diliminden sonra) veya uygun gerçek zaman diliminden sonra tüm lamba grupları devreden çıkarılmıştır.

Uygun gerçek zaman dilimi dışında, dış ortamdaki aydınlık düzeyi referans değer aralığında lamba gruplarının devreye alınması ve çıkarılması için kontrol işaretinin üretilmesi. Lambaların devreye alınabileceği veya devreden çıkarılabileceği uygun gerçek zaman dilimi dışındaki zamanlarda, ani hava karamalarında da lamba gruplarını devreye alınabilir. Bunu sağlamak için, ölçülen aydınlık düzeyi (analog gerilim) belirlenen referans değerlerle karşılaştırılmıştır. Referans değer aralığı;  $0.1V(1\text{Lux}) \leq \text{analogdeğer} \leq 1V(2.74\text{Lux})$  dür. Aydınlık düzeyi, gecikme zamanı kadar referans değerler arasında ise lambalar grupları (23 lamba grubu (RSView32'den gelen tercihe göre) ve SUR lamba grubu) doğrudan aktif edilir. Aydınlık düzeyi uygun değere geldiğinde (güvenli zaman diliminden sonra) veya uygun gerçek zaman dilimi dışında tüm lamba grupları devreden çıkarılır.

Lambalar aktif edildikten sonra, güneş pili üzerine çeşitli sebeplerle yapay ışık düşmesi sonucu lambaların devre dışı kalmasını engellemek için belirli zaman dilimlerinde (güvenli zaman dilimi) aydınlık düzeyi dikkate alınmaması. Bu zaman diliminde lamba grupları ayrıca doğrudan gerçek zamanla tetiklenmiştir.

Lamba gruplarının aktif olup olmadığı, lamba grupları çıkışları ve hat arıza girişleri dikkate alınarak izlenmiştir. Özellikle A blok sürekli lamba grubunun gözlenmesinde lambanın faz akımı da hesaba katılmıştır.

Lamba gruplarının devreye gireceği uygun gerçek zaman dilimine girilmeden dış ortamdaki aydınlık düzeyi 1 lüks referans değerinden düşük ise veya lambaların devreye gireceği uygun gerçek zaman dilimine girildiğinde aydınlık düzeyinin 7 lüks referans değerinden yüksek olması durumunda uyarılar üretilmiştir.

### III.4.1.2. GEZKİ US Değişkenleri ve Çıkarım Mekanizması Değişkenleri

GEZKİ probleminde belirlenen nesnelerle yazılan EK D’de ki US kural tabanında, *if* kısmındaki değişkenler aşağıda sıra ile verilmiştir. Aşağıdaki değişkenler listesinde; eğik yazı ile yazılanlar değişkenleri, parantez içindeki ifadeler GEZKİ kural tabanının ağ şeklinde gösterildiği Şekil III.15 ve Şekil III.16’da ki değişkenleri temsil etmekte ve diğer ifadeler değişkenlerin kısa açıklamalarıdır.

- *system\Month*, gerçek zamanda ay (Giriş1, G1),
- *system\DayOfMonth*, gerçek zamanda gün (Giriş2, G2),
- *system\Hour*, gerçek zamanda saat (Giriş3, G3),
- *system\Minute*, gerçek zamanda dakika (Giriş4, G4),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZAMAN1*, ilk dört aylık sürede uygun gerçek zaman dilimi,
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZAMAN2*, ikinci dört aylık sürede uygun gerçek zaman dilimi,
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZAMAN3*, üçüncü dört aylık sürede uygun gerçek zaman dilimi,
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZAMAN*, on iki aylık sürede uygun gerçek zaman dilimi,
- *aydinlatma\analog\N7\_8\_gunisigi*, güneş pilinden üretilen analog gerilim (Giriş5, G5),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\Güvenli\_ZAMAN*, güneş pilinden üretilen analog gerilimin dikkate alınmadığı gerçek zaman dilimi,
- *aydinlatma\output\O\_1\_2\_0*, A blok SUR lamba çıkışı (Giriş6, G6),
- *aydinlatma\output\O\_1\_2\_1*, A blok 23 lamba çıkışı (Giriş7, G7),
- *aydinlatma\output\O\_1\_2\_2*, A blok HR lamba çıkışı (Giriş8, G8),
- *aydinlatma\output\O\_1\_10\_0*, B blok SUR lamba çıkışı (Giriş9, G9),
- *aydinlatma\output\O\_1\_10\_1*, B blok 23 lamba çıkışı (Giriş10, G10),
- *aydinlatma\output\O\_1\_10\_2*, B blok HR lamba çıkışı (Giriş11, G11),
- *aydinlatma\output\O\_1\_14\_0*, C blok SUR lamba çıkışı (Giriş12, G12),
- *aydinlatma\output\O\_1\_14\_1*, C blok 23 lamba çıkışı (Giriş13, G13),
- *aydinlatma\output\O\_1\_14\_2*, C blok HR lamba çıkışı (Giriş14, G14),

- *aydinlatma\output\O\_3\_0\_0*, D blok SUR lamba çıkışı (Giriş15, G15),
- *aydinlatma\output\O\_1\_6\_0*, E blok SUR lamba çıkışı (Giriş16, G16),
- *aydinlatma\output\O\_1\_6\_1*, E blok 23/HR lamba çıkışı (Giriş17, G17),
- *aydinlatma\ariza\B3\_6\_12*, A blok SUR lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (Giriş18, G18),
- *aydinlatma\ariza\B3\_6\_13*, A blok 23 lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (Giriş19, G19),
- *aydinlatma\ariza\B3\_6\_14*, A blok HR lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (Giriş20, G20),
- *aydinlatma\ariza\B3\_6\_15*, B blok SUR lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (Giriş21, G21),
- *aydinlatma\ariza\B3\_7\_0*, B blok SUR lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (Giriş22, G22),
- *aydinlatma\ariza\B3\_7\_1*, B blok HR lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (Giriş23, G23),
- *aydinlatma\ariza\B3\_7\_2*, C blok SUR lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (Giriş24, G24),
- *aydinlatma\ariza\B3\_7\_3*, C blok 23 lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (Giriş25, G25),
- *aydinlatma\ariza\B3\_7\_4*, C blok HR lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (Giriş26, G26),
- *aydinlatma\ariza\B3\_6\_9*, D blok SUR lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (Giriş27, G27),
- *aydinlatma\ariza\B3\_7\_5*, E blok SUR lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (Giriş28, G28),
- *aydinlatma\ariza\B3\_7\_6*, E blok 23/HR lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (Giriş29, G29),
- *aydinlatma\akim\F8\_6*, A blok SUR lamba grubu akım değeri (Giriş30, G30),
- *system/second*, gerçek zamanda saniye (Giriş31, G31),

- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\gecikme1*, lamba gruplarını tetiklemek için ilk gecikme zamanı (Giriş32, G32),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\gecikme2*, lamba gruplarını tetiklemek için ikinci gecikme zamanı (Giriş33, G33),

GEZKİ probleminde belirlenen nesnelerle yazılan EK D’de ki US kural tabanında, *then* kısmındaki sayısal değerlerin ve açıklama cümlelerinin atandığı çıkarım mekanizması değişkenleri aşağıda sıra ile verilmiştir. Aşağıdaki listede; eğik yazı ile yazılanlar çıkarım mekanizması değişkenlerini, parantez içindeki ifadeler GEZKİ kural tabanının ağ şeklinde gösterildiği Şekil III.15 ve Şekil III.16’da ki çıkarım mekanizması değişkenlerini temsil etmekte ve diğer ifadeler çıkarım mekanizması değişkenlerinin kısa açıklamalarıdır.

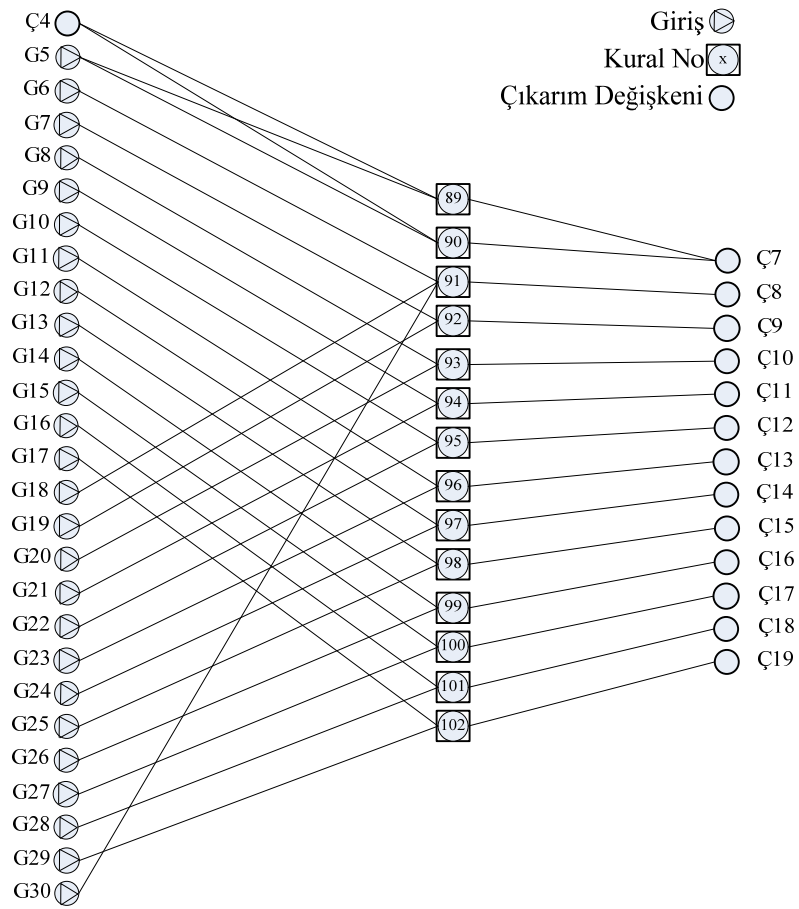
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\UZMAN\_L\_KONTROL*, uzman sistem ile lamba gruplarını devreye alınması ve çıkarılması kontrol sinyali (Çıkarım6, Ç6),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZamanVeGunisigi*, gerçek zaman ve aydınlık düzeyi bilgisi arasında uyumsuzluk durumunda uyarı bilgisi (Çıkarım7, Ç7),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZAMAN1*, ilk dört aylık sürede uygun gerçek zaman (Çıkarım1, Ç1),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZAMAN2*, ikinci dört aylık sürede uygun gerçek zaman (Çıkarım2, Ç2),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZAMAN3*, üçüncü dört aylık sürede uygun gerçek zaman (Çıkarım3, Ç3),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZAMAN*, on iki aylık sürede uygun gerçek zaman (Çıkarım4, Ç4),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\Guvenli\_ZAMAN*, aydınlık düzeyinin dikkate alınmadığı gerçek zaman (Çıkarım5, Ç5),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\A\_SUR\_Lamba*, uzman sistem ekranında A blok SUR lamba grubunun aktif olup olmadığının izlenmesi (Çıkarım8, Ç8),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\A\_23\_Lamba*, uzman sistem ekranında A blok 23 lamba grubunun aktif olup olmadığının izlenmesi (Çıkarım9, Ç9),

- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\A\_HR\_Lamba*, uzman sistem ekranında A blok HR lamba grubunun aktif olup olmadığının izlenmesi (Çıkarım10, Ç10),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\B\_SUR\_Lamba*, uzman sistem ekranında B blok SUR lamba grubunun aktif olup olmadığının izlenmesi (Çıkarım11, Ç11),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\B\_23\_Lamba*, US ekranında B blok 23 lamba grubunun izlenmesi (Çıkarım12,Ç12)
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\B\_HR\_Lamba*, uzman sistem ekranında B blok HR lamba grubunun aktif olup olmadığının izlenmesi (Çıkarım13, Ç13),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\C\_SUR\_Lamba*, uzman sistem ekranında C blok SUR lamba grubunun aktif olup olmadığının izlenmesi (Çıkarım14, Ç14),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\C\_23\_Lamba*, uzman sistem ekranında C blok 23 lamba grubunun aktif olup olmadığının izlenmesi (Çıkarım15, Ç15),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\C\_HR\_Lamba*, uzman sistem ekranında C blok HR lamba grubunun aktif olup olmadığının izlenmesi (Çıkarım16, Ç16),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\D\_SUR\_Lamba*, uzman sistem ekranında D blok SUR lamba grubunun aktif olup olmadığının izlenmesi (Çıkarım17, Ç17),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\E\_SUR\_Lamba*, uzman sistem ekranında E blok SUR lamba grubunun aktif olup olmadığının izlenmesi (Çıkarım18, Ç18),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\E\_23\_HR\_Lamba*, uzman sistem ekranında E blok 23 ve HR lamba grubunun aktif olup olmadığının izlenmesi (Çıkarım19, Ç19)
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\gecikme1*, lamba gruplarını tetiklemek için ilk gecikme zamanı (Çıkarım20, Ç20),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\gecikme2*, lamba gruplarını tetiklemek için ikinci gecikme zamanı (Çıkarım21, Ç21).

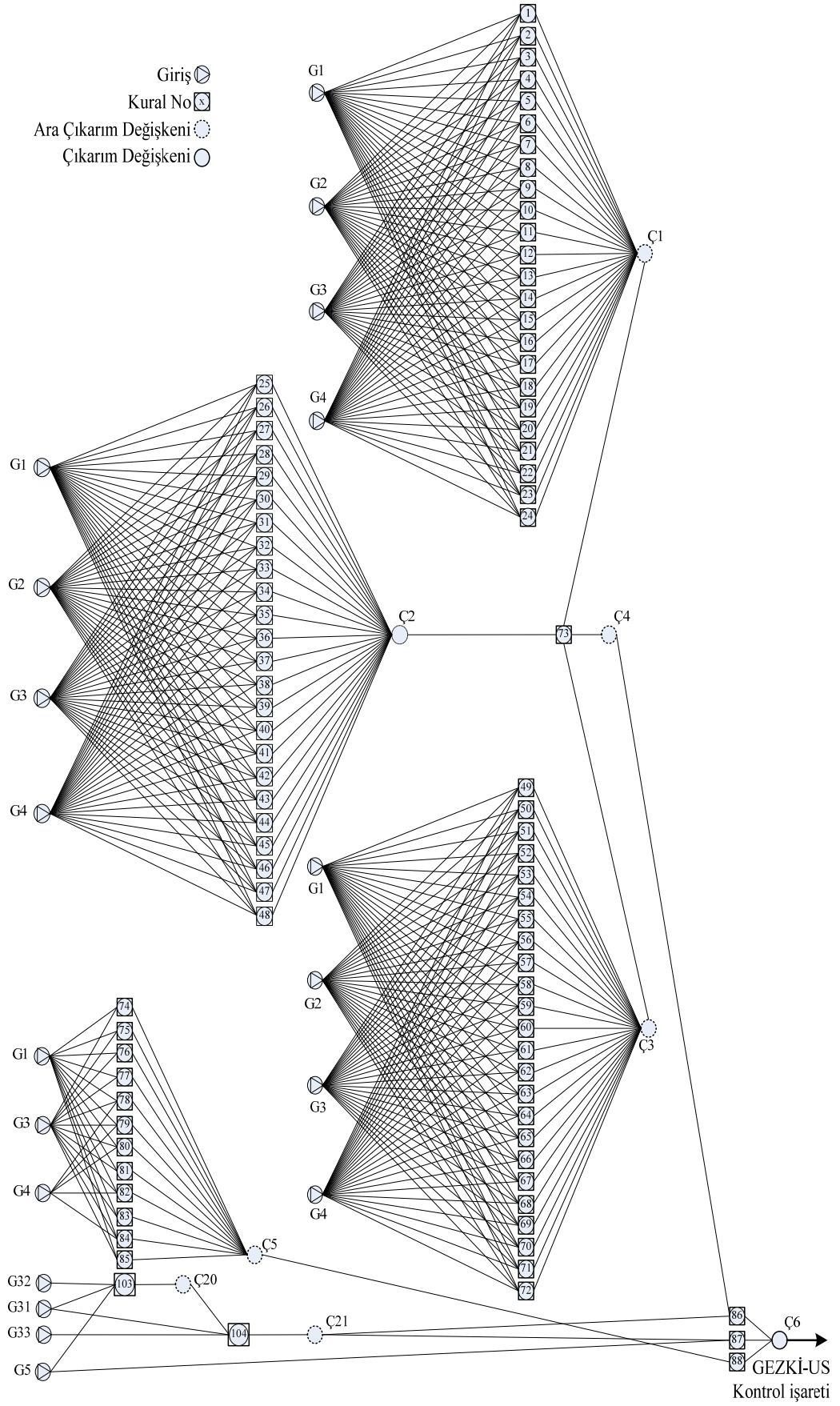
### III.4.1.3. GEZKİ Kural Tabanı

GEZKİ için If...Then kurallarıyla tasarlanan US'un kural tabanı 102 adet kuraldan oluşmaktadır. Bu kurallar EK D'de görülmektedir.

Şekil III.15'de GEZKİ için US kural tabanındaki lamba gruplarının izlenmesini sağlayan kurallar ağ şeklinde gösterilmiştir. Şekil III.16'da GEZKİ için US kural tabanında lamba gruplarının devreye alınması ve çıkarılması, kontrol işaretlerinin üretilmesini sağlayan kurallar ağ şeklinde gösterilmiştir. Tablo III.6 da GEZKİ US ekranında gösterilen doğruluk dereceleri GK'ların değerleri verilmiştir.



Şekil III.15 GEZKİ için US'da İzleme Kısımının Ağ Yapısı



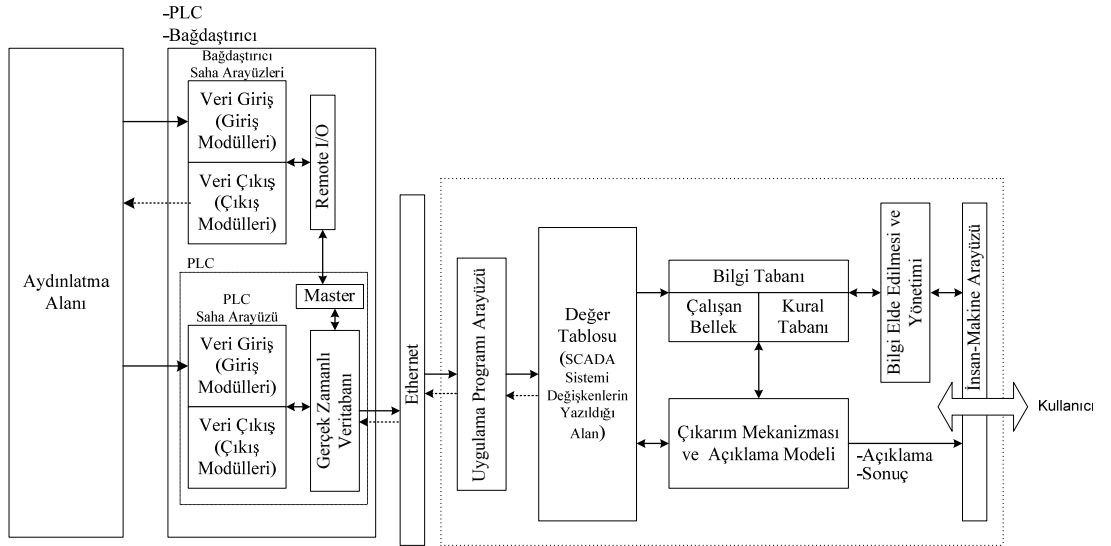
Şekil III.16 GEZKİ için US'da Kontrol Kısımının Ağ Yapısı

**Tablo III.6 GEZKİ US Ekranındaki Güvenilirlik Katsayıları**

| Çıkarım mekanizması | Kuralın IF kısmının GK                                                  | Kuralın sonuç kısmının GK                                                                                             | Kuralın GK                    |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Çıkarım7            | Zaman=0.8<br>N7_8_gunisigi=0.6                                          | Zaman uygun değil, günışığı çok düşük=0.9<br>Zaman uygun, günışığı çok yüksek =0.7<br>Güneş pili normal çalışıyor=0.9 | 0.6x0.9<br>0.6x0.7<br>0.6x0.9 |
| Çıkarım8            | Lamba grup çıkış=0.8<br>Akım Trafosu ölçüm=0.6<br>Arıza faz girişi=0.51 | Lojik 1=0.9<br>Lojik 0=0.9                                                                                            | 0.51x0.9<br>0.51x0.9          |
| Çıkarım11           | Lamba grup çıkış=0.8<br>Arıza faz girişi=0.51                           | Lojik 1=0.8<br>Lojik 0=0.8                                                                                            | 0.51x0.9<br>0.51x0.9          |
| Çıkarım14           | Lamba grup çıkış=0.8<br>Arıza faz girişi=0.51                           | Lojik 1=0.8<br>Lojik 0=0.8                                                                                            | 0.51x0.9<br>0.51x0.9          |
| Çıkarım17           | Lamba grup çıkış=0.8<br>Arıza faz girişi=0.51                           | Lojik 1=0.8<br>Lojik 0=0.8                                                                                            | 0.51x0.9<br>0.51x0.9          |
| Çıkarım18           | Lamba grup çıkış=0.8<br>Arıza faz girişi=0.51                           | Lojik 1=0.8<br>Lojik 0=0.8                                                                                            | 0.51x0.9<br>0.51x0.9          |

### III.4.2. Gerçek Zamanlı Lamba Arıza Teşhis için US

MEGZUS kapsamında dış aydınlatmada GEZLAT (Gerçek Zamanlı Lamba Arıza Teşhis) için tasarlanan US'un blok diyagramı Şekil III.17'de gösterilmiştir.



**Şekil III.17 Gerçek Zamanlı Lamba Arıza Teşhis Uzman Sistem Blok Diyagramı**

Dış aydınlatmada GEZLAT fonksiyonunun amacı; A blok SUR lamba grubu faz akım değerinin gerçek zamanlı yorumlanarak lambaların aktif olup olmadıklarının tespit etmek ve lamba arızalarını belirleyerek gerekli açıklamaların üretilmesidir. Amacı gerçekleştirmek için PLC, US için arayüz fonksiyonunu yerine getirir.



### III.4.2.1. GEZLAT Bilgi Tabanında Disiplin Alanının Tasviri

GEZLAT için US'un bilgi tabanının tasvirinde aşağıdaki aşamalar kullanıldı:

#### *1.a. GEZLAT Probleminin Karakterlerinin Ortaya Çıkarılması*

Ana başlıklar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- A blok SUR lamba grubunun devrede olup olmadığının tespit edilmesi.
- Gerçek zamanlı yük tahmini için tasarlanan US'dan elde edilen lamba güçleri verilerinin kullanılması.
- A blok SUR lamba grubunun lamba sayısını belirlenmesi.
- Lamba arıza durumunun belirlenmesi için A blok SUR lamba grubunun gerçek zamanlı faz akım değerinin ölçülmesi.
- Faz akımında sınır değerlerin belirlenmesi. Lambaların devreye alınmasında ilk çalışma sürecinde ısınma faktörü ve faz gerilim değişimlerine göre faz akım değerindeki farkların dikkate alınması.
- A blok SUR lamba grubunda arıza durumunda olup olmadığının belirlenmesi ve açıklama bilgilerinin üretilmesi.

#### *1.b. GEZLAT Problemindeki Nesnelerin Belirlenmesi*

Problemin karakterlerine göre belirlenen nesneler:

- A blok SUR lamba grubunda üç armatür bulunmaktadır. Bu armatürlere takılan lamba güçleri.
- A blok SUR lamba grubundaki lamba sayısı.
- A blok SUR lamba grubu çıkışı.
- A blok SUR lamba grubu faz akımının gerçek zamanlı analog akım bilgisi (0-20mA).
- Lamba güçlerine göre  $\text{Lamba1}+\text{Lamba2}+\text{Lamba3}$ ,  $\text{Lamba1}$ ,  $\text{Lamba2}$ ,  $\text{Lamba3}$ ,  $\text{Lamba1}+\text{Lamba2}$ ,  $\text{Lamba1}+\text{Lamba3}$ ,  $\text{Lamba2}+\text{Lamba3}$  akım değerleri.

#### *1.c. GEZLAT Nesneleri Arasındaki İlişkilerin Saptanması*

Gerçek zamanlı yük tahmini için tasarlanan US'dan elde edilen  $\text{Lamba1}$ ,  $\text{Lamba2}$  ve  $\text{Lamba3}$  değerlerine göre lamba sayısını belirlenmiştir. Yük tahmini Bölüm III.4.4'de anlatılmıştır.

Lamba arızalarını tespit etmede kullanılan değişkenlerden biri A blok SUR

lamba grubunun gerçek zamanlı faz akımıdır. Gerçek zamanlı faz akımı, belirlenmiş akım sınır değerleri içinde sorgulanarak, akımın değerine göre lamba grubunda kaç tane arızalı lambanın var olduğu bulunmuştur. Akım sınır değerleri tespit edilirken, gerçek zamanlı yük tahmini ile belirlenen standart lamba güçlerinin akım değerleri hesaplanmış, ayrıca bu güçlere göre akım katsayıları bulunmuştur. Lambaların ilk çalışma anlarında ısınma faktörü ve faz gerilim değerine bağlı olarak faz akım değeri değişmektedir. Bu bağlamda, sınır değer tespitinde sadece standart lamba güçleri yeterli olmadığından standart lamba güçlerine göre hesaplanan katsayılar kullanılmıştır. Kuraldaki alt sınır değeri, standart lamba güçlerinin akım değerlerinden katsayı çıkarılarak bulunmuştur. Kuraldaki üst sınır değeri, standart lamba güçlerinin akım değerlerine katsayı eklenerek hesaplanmıştır.

Belirlenen akım sınırları, gerçek zamanlı faz akım değeri, lamba sayısı ve lamba grubunun devrede olup olmadığı gösteren değişkenler arasındaki ilişkiler kurularak lamba grubunun arıza durumunda olup olmadığı bilgisi üretilmiştir.

#### III.4.2.2. GEZLAT US Değişkenleri ve Çıkarım Mekanizması Değişkenleri

GEZLAT probleminde belirlenen nesnelerle yazılan EK E’de ki US kural tabanında, *if* kısmındaki değişkenler aşağıda sıra ile verilmiştir. Aşağıdaki değişkenler listesinde; eğik yazı ile yazılanlar değişkenleri, parantez içindeki ifadeler GEZLAT kural tabanının ağ şeklinde gösterildiği Şekil III.18’de ki değişkenleri temsil etmekte ve diğer ifadeler değişkenlerin kısa açıklamalarıdır.

- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba1*, A blok SUR lamba grubunda birinci lambanın gücü (GirişA1, GA1),
- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba2*, A blok SUR lamba grubunda birinci lambanın gücü (GirişA2, GA2),
- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba3*, A blok SUR lamba grubunda birinci lambanın gücü (GirişA3, GA3),
- *aydinlatma\output\O\_1\_2\_0*, A blok SUR lamba grubu çıkışı (GirişA4, GA4),
- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_Sayisi*, A blok SUR lamba grubundaki lamba sayısı,

- *aydinlatma\akim\F8\_6*, A blok SUR lamba grubunun gerçek zamanlı hattan çektiği akımın analog değeri (GirişA5, GA5),
- *Lamba123AK*, A blok SUR lamba grubundaki lamba güçlerine göre toplam akım değerinin akım katsayı ile toplanması ile elde edilen akım değeri (GirişA6, GA6),
- *Lamba123EK*, A blok SUR lamba grubundaki lamba güçlerine göre toplam akım değeri ve akım katsayı arasındaki farkın alınması ile elde edilen akım değeri (GirişA7, GA7),
- *AkimFarkiAK*, arıza durumunda hattan çekilmeyen akım değerinin akım katsayısı ile toplanması ile elde edilen akım değeri ( $[ToplamAkım - Gerçek zamanlı faz akımı] + akım katsayısı$ ) (GirişA8, GA8),
- *AkimFarkiEK*, arıza durumunda hattan çekilmeyen akım değeri ve akım katsayısı arasındaki farkın alınması ile elde edilen akım değeri ( $[Toplam akım - faz akımı] - akım katsayısı$ ) (GirişA9, GA9),
- *Lamba12*, lamba gücüne göre; birinci lamba ve ikinci lamba akımları toplamı (GirişA10, GA10),
- *Lamba13*, lamba gücüne göre; birinci lamba ve üçüncü lamba akımları toplamı (GirişA11, GA11),
- *Lamba23*, lamba gücüne göre; ikinci lamba ve üçüncü lamba akımları toplamı (GirişA12, GA12),
- *Lamba1\_Akim*, lamba gücüne göre ilk lambanın akım değeri (GirişA13, GA13),
- *Lamba2\_Akim*, lamba gücüne göre ikinci lambanın akım değeri (GirişA14, GA14),
- *Lamba3\_Akim*, lamba gücüne göre üçüncü lambanın akım değeri (GirişA15, GA15),
- *aydinlatma\ariza\B3\_6\_12*, A blok SUR lamba grubunun bağlı olduğu faz arıza bilgisi (GirişA16, GA16),

GEZLAT probleminde belirlenen nesnelerle yazılan EK E’de ki US kural tabanında, *then* kısmındaki sayısal değerlerin ve açıklama cümlelerinin atandığı çıkarım mekanizması değişkenleri aşağıda sıra ile verilmiştir. Aşağıdaki listede; eğik yazı ile yazılanlar çıkarım mekanizması değişkenlerini, parantez içindeki ifadeler

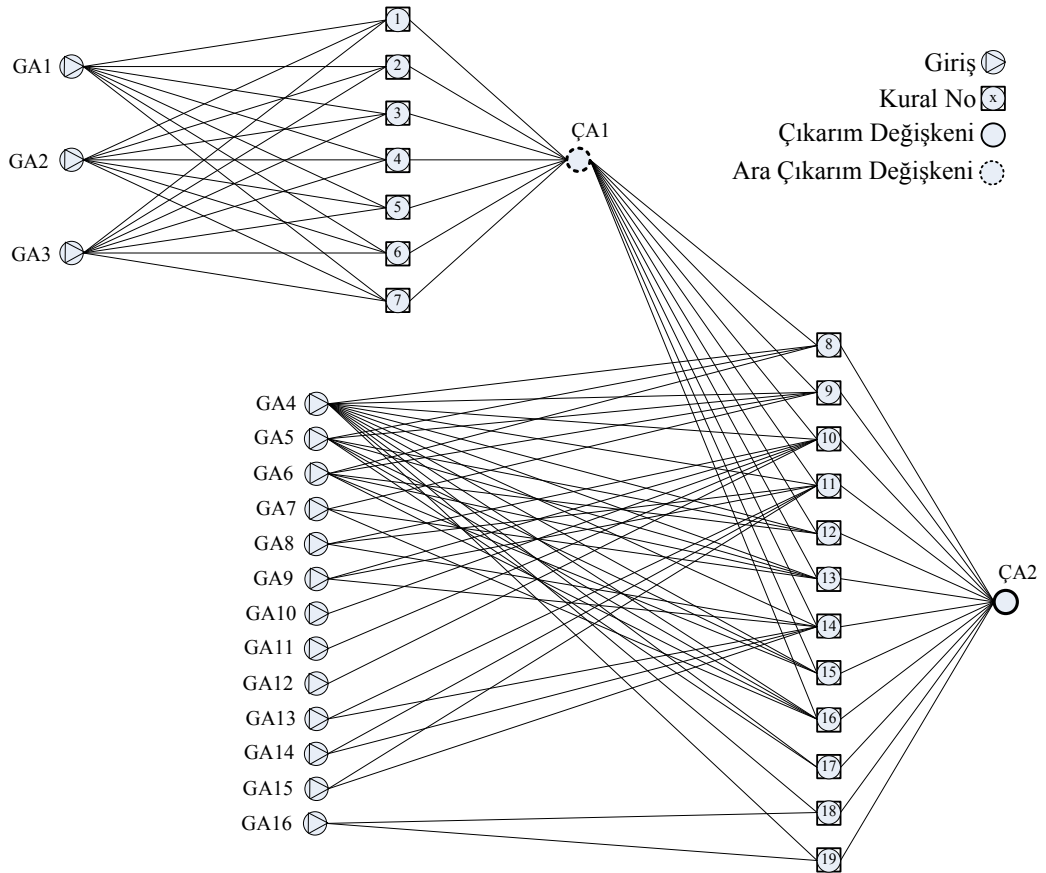
GEZLAT kural tabanının ağ şeklinde gösterildiği Şekil III.18’de ki çıkarım mekanizması değişkenlerini temsil etmekte ve diğer ifadeler çıkarım mekanizması değişkenlerinin kısa açıklamalarıdır.

- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_Sayisi*, A blok SUR lamba grubundaki lamba sayısı (ÇıkarımA1, ÇA1),
- *aydinlatma\dahiliuzman\LambaAriza\LambaAriza*, A blok SUR lamba grubunun arıza olup olmadığının açıklama bilgisi (ÇıkarımA2, ÇA2).

### III.4.2.3. GEZLAT Kural Tabanı

GEZLAT için If...Then kurallarıyla tasarlanan US’un kural tabanı 19 adet kuraldan oluşmaktadır. Bu kurallar EK E’de görülmektedir.

Şekil III.18’de GEZLAT için US kural tabanında A blok SUR lamba grubundaki arızaların tespit edilmesini sağlayan kurallar ağ şeklinde gösterilmiştir. Tablo III.7 da GEZLAT US ekranında gösterilen doğruluk dereceleri GK’ların değerleri verilmiştir.



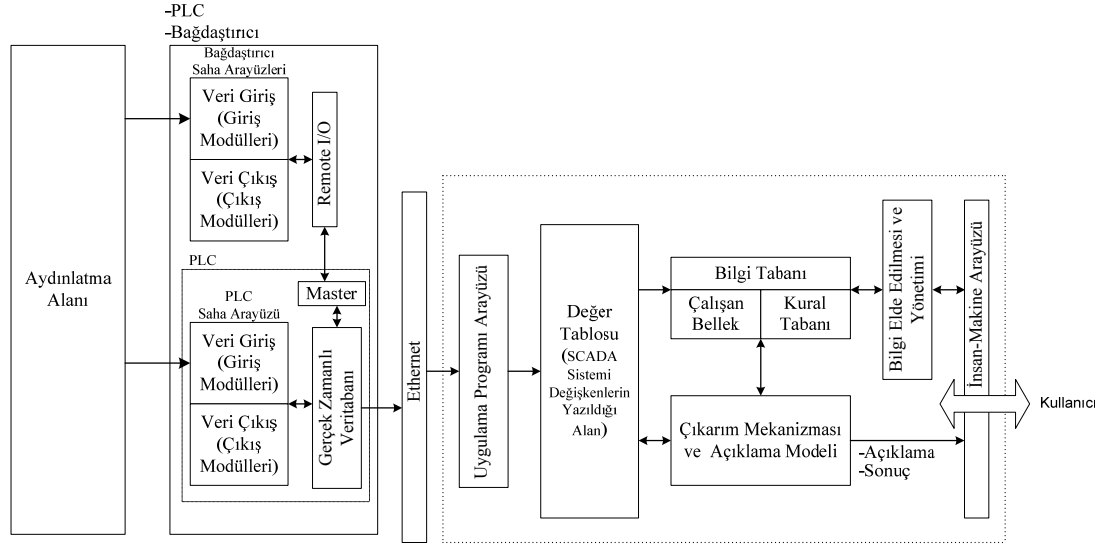
Şekil III.18 GEZLAT için US’da Ağ Yapısı

**Tablo III.7 GEZLAT US Ekranındaki Güvenilirlik Katsayıları**

| Çıkarım mekanizması | Kuralın IF kısmının GK                                                                       | Kuralın sonuç kısmının GK                                                                                                                                                                                                                                                       | Kuralın GK                               |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| ÇıkarımA2           | Akım Trafosu ölçüm=0.6<br>Lamba grup çıkışı=0.8<br>Arıza hat girişi=0.51<br>Lamba Sayısı=0.7 | Ölçülen akıma göre seçilen güç değerleri düşük, arttırınız =0.9<br>Lamba grubunda ve bağlantılarda sorun yok=0.9<br>İki lambada veya bağlantılarda sorun var=0.9<br>Bir lambada veya bağlantı noktasında sorun var=0.9<br>[(Lamba grup çıkışı)+(Akım trafosu)+(Lamba sayısı 3)] | 0.6x0.9<br>0.6x0.9<br>0.6x0.9<br>0.6x0.9 |
|                     |                                                                                              | Ölçülen akıma göre seçilen güç değerleri düşük, arttırınız =0.8<br>Lamba grubunda ve bağlantılarda sorun yok=0.8<br>Bir lambada veya bağlantı noktasında sorun var=0.8<br>[(Lamba grup çıkışı)+(Akım trafosu)+(Lamba sayısı 2)]                                                 | 0.6x0.8<br>0.6x0.8<br>0.6x0.8            |
|                     |                                                                                              | Ölçülen akıma göre seçilen güç değerleri düşük, arttırınız =0.7<br>Lamba grubunda ve bağlantılarda sorun yok=0.7<br>[(Lamba grup çıkışı)+(Akım trafosu)+(Lamba sayısı 1)]                                                                                                       | 0.6x0.7<br>0.6x0.7                       |
|                     |                                                                                              | L1 Fazında sorun var =0.9<br>Lambalar henüz aktif edilmedi, sorun yok=0.8<br>[(Lamba grup çıkışı)+(Arıza hat girişi)]                                                                                                                                                           | 0.51x0.9<br>0.51x0.8                     |
|                     |                                                                                              | Tüm lambalarda veya bağlantı noktasında sorun var=0.9<br>[(Lamba grup çıkışı)+(Akım trafosu)]                                                                                                                                                                                   | 0.6x0.9                                  |
|                     |                                                                                              | Seçilen veya tahmin edilen güçlerde hata var =0.95<br>[(Lamba grup çıkışı)+(Akım trafosu)+(Lamba sayısı)+(Arıza hat girişi)]                                                                                                                                                    | 0.51x0.95                                |
|                     |                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                          |
|                     |                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                          |
|                     |                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                          |
|                     |                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                          |
|                     |                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                          |
|                     |                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                          |

### III.4.3. Gerçek Zamanlı Hat Arıza Teşhis için US

MEGZUS kapsamında dış aydınlatmada GEZHAT (Gerçek Zamanlı Hat Arıza Teşhis) için tasarlanan US'un blok diyagramı Şekil III.19'de gösterilmiştir.



Şekil III.19 Gerçek Zamanlı Hat Arıza Teşhis Uzman Sistem Blok Diyagramı

Dış aydınlatmada GEZHAT fonksiyonunun temel amacı; TEF'in A, B, C, D, E bloklarındaki lambaları besleyen L1, L2, L3 (E blokta L1, L2) fazlarındaki gerçek zamanlı hat arızası olup olmadığını tespit edilmesi ve gerekli açıklamaların üretilmesidir. Amacı gerçekleştirmek için PLC, US için arayüz fonksiyonunu yerine getirir.

#### III.4.3.1. GEZHAT Bilgi Tabanında Disiplin Alanının Tasviri

GEZHAT için US'un bilgi tabanının tasvirinde aşağıdaki aşamalar kullanıldı:

##### 1.a. GEZHAT Probleminin Karakterlerinin Ortaya Çıkarılması

Ana başlıklar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- TEF A, B, C, D, E bloklarında lambaların bağlandığı L1, L2, L3 fazlarındaki tek faz arızasını tespit edilmesi.
- Bloklarda lambaların bağlandığı L1, L2, L3 fazlarındaki iki faz arızasını tespit edilmesi.
- Bloklarda lambaların bağlandığı L1, L2, L3 fazlarındaki üç faz arızasını tespit edilmesi.
- Hat üzerindeki bakım durumunun da dikkate alınması.

### 1.b. GEZHAT Problemindeki Nesnelerin Belirlenmesi

Problemin karakterlerine göre belirlenen nesne:

- Lambaların bağlandığı L1, L2, L3 (E blokta L1, L2) fazlarının her biri için faz sinyali.

### 1.c. GEZHAT Nesneleri Arasındaki İlişkilerin Saptanması

Her blokta lambaların bağlandığı L1, L2, L3 (E blokta L1, L2) fazlarındaki faz sinyalleri arasındaki ilişkilere bakılarak hangi fazda arıza olduğunun tespit edilmiş ve gerekli açıklamaların üretilmiştir.

## III.4.3.2. GEZHAT US Değişkenleri ve Çıkarım Mekanizması Değişkenleri

GEZHAT probleminde belirlenen nesnelerle yazılan EK F’de ki US kural tabanında, *if* kısmındaki değişkenler aşağıda sıra ile verilmiştir. Aşağıdaki değişkenler listesinde; eğik yazı ile yazılanlar değişkenleri, parantez içindeki ifadeler GEZHAT kural tabanının ağ şeklinde gösterildiği Şekil III.20’de ki değişkenleri temsil etmekte ve diğer ifadeler değişkenlerin kısa açıklamalarıdır.

- *aydinlatma\ariza\B3\_6\_12*, A blok SUR lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (GirişB1, GB1),
- *aydinlatma\ariza\B3\_6\_13*, A blok 23 lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (GirişB2, GB2),
- *aydinlatma\ariza\B3\_6\_14*, A blok HR lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (GirişB3, GB3),
- *aydinlatma\ariza\B3\_6\_15*, B blok SUR lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (GirişB4, GB4),
- *aydinlatma\ariza\B3\_7\_0*, B blok SUR lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (GirişB5, GB5),
- *aydinlatma\ariza\B3\_7\_1*, B blok HR lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (GirişB6, GB6),
- *aydinlatma\ariza\B3\_7\_2*, C blok SUR lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (GirişB7, GB7),
- *aydinlatma\ariza\B3\_7\_3*, C blok 23 lamba grubunun bağlı olduğu fazdaki arıza bilgisi (GirişB8, GB8),

- *aydinlatma\ariza\B3\_7\_4*, C blok HR lamba grubunun bağılı olduğu fazdaki arıza bilgisi (GirişB9, GB9),
- *aydinlatma\ariza\B3\_6\_9*, D blok SUR lamba grubunun bağılı olduğu fazdaki arıza bilgisi (GirişB10, GB10),
- *aydinlatma\ariza\B3\_6\_10*, D blok L2 fazındaki arıza bilgisi (GirişB11, GB11),
- *aydinlatma\ariza\B3\_6\_11*, D blok L3 fazındaki arıza bilgisi (GirişB12, GB12),
- *aydinlatma\ariza\B3\_7\_5*, E blok SUR lamba grubunun bağılı olduğu fazdaki arıza bilgisi (GirişB13, GB13),
- *aydinlatma\ariza\B3\_7\_6*, E blok 23/HR lamba grubunun bağılı olduğu fazdaki arıza bilgisi (GirişB14, GB14),

GEZHAT probleminde belirlenen nesnelerle yazılan EK F’de ki US kural tabanında, *then* kısmındaki açıklama cümlelerinin atandığı çıkarım mekanizması değişkenleri aşağıda sıra ile verilmiştir. Aşağıdaki listede; eğik yazı ile yazılanlar çıkarım mekanizması değişkenlerini, parantez içindeki ifadeler GEZHAT kural tabanının ağ şeklinde gösterildiği Şekil III.20’de ki çıkarım mekanizması değişkenlerini temsil etmekte ve diğer ifadeler çıkarım mekanizması değişkenlerinin kısa açıklamalarıdır.

- *aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\A\_HatAriza*, A blokda hat arızası olup olmadığının açıklanması (ÇıkarımB1, ÇB1),
- *aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\B\_HatAriza*, B blokda hat arızası olup olmadığının açıklanması (ÇıkarımB2, ÇB2),
- *aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\C\_HatAriza*, C blokda hat arızası olup olmadığının açıklanması (ÇıkarımB3, ÇB3),
- *aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\D\_HatAriza*, D blokda hat arızası olup olmadığının açıklanması (ÇıkarımB4, ÇB4),
- *aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\E\_HatAriza*, E blokda hat arızası olup olmadığının açıklanması (ÇıkarımB5, ÇB5),

#### III.4.3.3. GEZHAT Kural Tabanı

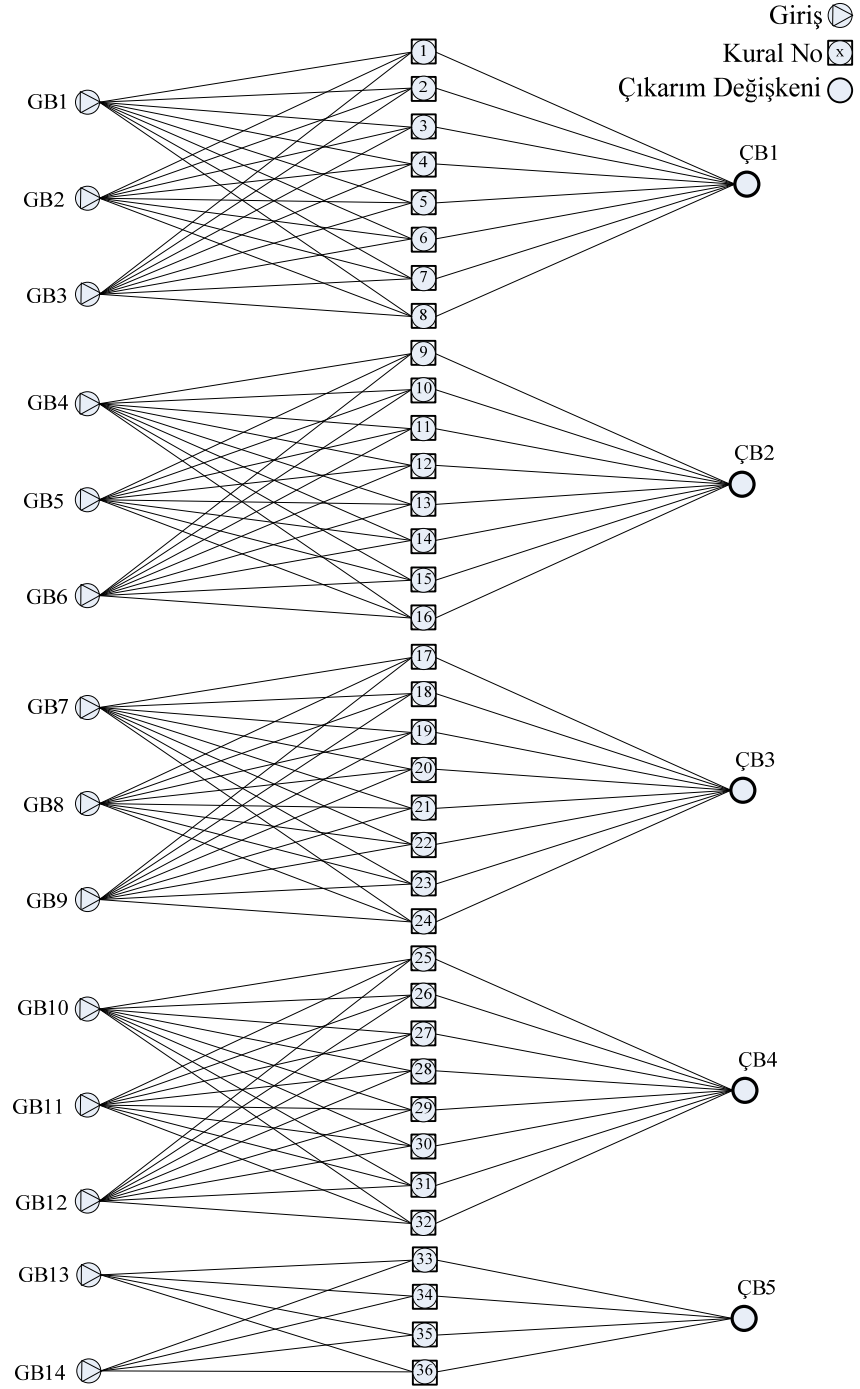
GEZHAT için IF...THEN kurallarıyla tasarlanan US’un kural tabanı 36 adet kuraldan oluşmaktadır. Bu kurallar EK F’de görülmektedir. Tablo III.8’de GEZHAT



US ekranında gösterilen doğruluk dereceleri GK'ların değerleri verilmiştir. Şekil III.20'de GEZHAT için US kural tabanındaki hat arızalarını tespit edilmesini sağlayan kurallar, ağ şeklinde gösterilmiştir.

**Tablo III.8 GEZHAT US Ekranındaki Güvenilirlik Katsayıları**

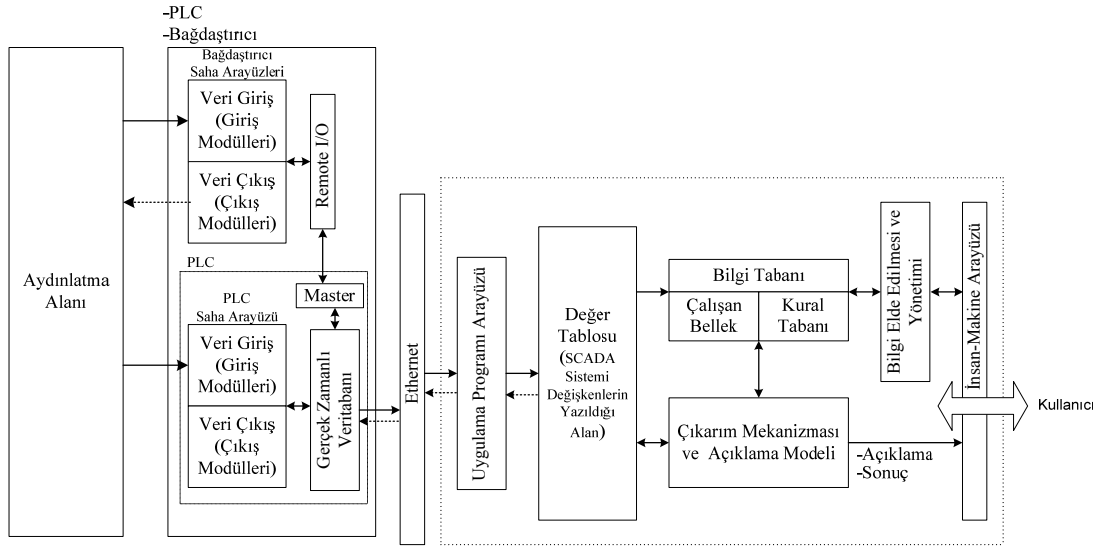
| Çıkarım mekanizması | Kuralın IF kısmının GK   | Kuralın sonuç kısmının GK                                                                                                                                                                                                                                                                           | Kuralın GK                                                                                               |
|---------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ÇıkarımB1           | Arıza faz girişleri=0.51 | L1, L2, L3 hatlarında sorun yok =0.9<br>Bakım yapılıyor veya<br>L1, L2, L3 hatlarında sorun var=0.8<br>L1, L2 hatlarında sorun var=0.7<br>L1, L3 hatlarında sorun var=0.7<br>L2, L3 hatlarında sorun var=0.7<br>L1 hattında sorun var=0.9<br>L2 hattında sorun var=0.9<br>L3 hattında sorun var=0.9 | 0.51x0.9<br>0.51x0.8<br>0.51x0.7<br>0.51x0.7<br>0.51x0.7<br>0.51x0.9<br>0.51x0.9<br>0.51x0.9             |
| ÇıkarımB2           | Arıza faz girişleri=0.51 | L1, L2, L3 hatlarında sorun yok =0.9<br>Bakım yapılıyor veya<br>L1, L2, L3 hatlarında sorun var=0.8<br>L1, L2 hatlarında sorun var=0.7<br>L1, L3 hatlarında sorun var=0.7<br>L2, L3 hatlarında sorun var=0.7<br>L1 hattında sorun var=0.9<br>L2 hattında sorun var=0.9<br>L3 hattında sorun var=0.9 | 0.51x0.9<br>0.51x0.8<br>0.51x0.7<br>0.51x0.7<br>0.51x0.7<br>0.51x0.7<br>0.51x0.9<br>0.51x0.9<br>0.51x0.9 |
| ÇıkarımB3           | Arıza faz girişleri=0.51 | L1, L2, L3 hatlarında sorun yok =0.9<br>Bakım yapılıyor veya<br>L1, L2, L3 hatlarında sorun var=0.8<br>L1, L2 hatlarında sorun var=0.7<br>L1, L3 hatlarında sorun var=0.7<br>L2, L3 hatlarında sorun var=0.7<br>L1 hattında sorun var=0.9<br>L2 hattında sorun var=0.9<br>L3 hattında sorun var=0.9 | 0.51x0.9<br>0.51x0.8<br>0.51x0.7<br>0.51x0.7<br>0.51x0.7<br>0.51x0.7<br>0.51x0.9<br>0.51x0.9<br>0.51x0.9 |
| ÇıkarımB4           | Arıza faz girişleri=0.51 | L1, L2, L3 hatlarında sorun yok =0.9<br>Bakım yapılıyor veya<br>L1, L2, L3 hatlarında sorun var=0.8<br>L1, L2 hatlarında sorun var=0.7<br>L1, L3 hatlarında sorun var=0.7<br>L2, L3 hatlarında sorun var=0.7<br>L1 hattında sorun var=0.9<br>L2 hattında sorun var=0.9<br>L3 hattında sorun var=0.9 | 0.51x0.9<br>0.51x0.8<br>0.51x0.7<br>0.51x0.7<br>0.51x0.7<br>0.51x0.7<br>0.51x0.9<br>0.51x0.9<br>0.51x0.9 |
| ÇıkarımB5           | Arıza faz girişleri=0.51 | L1, L2 hatlarında sorun yok =0.9<br>L1, L2 hatlarında sorun var=0.7<br>L1 hattında sorun var=0.9<br>L2 hattında sorun var=0.9                                                                                                                                                                       | 0.51x0.9<br>0.51x0.7<br>0.51x0.9<br>0.51x0.9                                                             |



Şekil III.20 GEZHAT için US'da Ağ Yapısı

#### III.4.4. Gerçek Zamanlı Yük Tahmini için US

MEGZUS kapsamında dış aydınlatmada GEZYÜT (Gerçek Zamanlı Yük Tahmini) için tasarlanan US'un blok diyagramı Şekil III.21'de gösterilmiştir.



**Şekil III.21 Gerçek Zamanlı Yük Tahmini Uzman Sistem Blok Diyagramı**

Dış aydınlatmada GEZYÜT fonksiyonun temel amacı; A blok SUR lamba grubuna bağlı lambaların güç değerlerini tahmin etmektir. Tahmin etmek için iki yöntem kullanılmıştır. Bunlar:

- Gerçek zamanlı faz akımının değerine göre kullanıcıya ön tahmin değerleri sunarak tahmin etmek,
- Kullanıcı tarafından listeden seçilerek tahmin etmek.

Amacı gerçekleştirmek için PLC ve GEZYÜT için tasarlanan ekran, US için arayüz fonksiyonunu yerine getirirler.

#### III.4.4.1. GEZYÜT Bilgi Tabanında Disiplin Alanının Tasviri

GEZYÜT için US'un bilgi tabanının tasvirinde aşağıdaki aşamalar kullanıldı:

##### *1.a. GEZYÜT Probleminin Karakterlerinin Ortaya Çıkarılması*

Ana başlıklar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Kullanıcının aktif olarak GEZYÜT US'a katılması.
- Tahmin edilen lamba güçleri olarak dış aydınlatmada yaygın olarak kullanılan; 300W, 500W, 750W, 1000W, 1500W, 2000W halojen lamba güçleri dikkate alınması.
- A blok SUR lamba grubuna bağlı olan lambaların güç değerlerinin tahmin yönteminin kullanıcının tercihi bırakılması.
- Gerçek zamanlı faz akımı değerine göre yük tahmininde US kullanıcıya, 300W ile 2300W arası ön tahmin güçlerini sunabilmesi.

- Gerçek zamanlı yük tahmininde kullanıcıya sunulacak tercihleri belirlemek için A blok SUR lamba grubunun gerçek zamanlı faz akımının kullanılması.
- Gerçek zamanlı faz akım değerine bağlı yük tahminde, lambaların devreye alınmasında ilk çalışma sürecinde ve faz gerilim değişimlerine göre faz akımı değerindeki farkların dikkate alınması.
- Kullanıcı seçimli yük tahmininde faz akımı dikkate alınmadan lamba güçlerinin listeden seçilmesi.
- A blok SUR lamba grubu faz hattına bağlanan akım trafosunun primer akım değeri düşünülerek hatta bağlanabilecek en büyük yükün tespit edilmesi ve gerekli uyarıların üretilmesi.

#### *1.b. GEZYÜT Problemindeki Nesnelerin Belirlenmesi*

Problemin karakterlerine göre belirlenen nesneler:

- A blok SUR lamba grubu gerçek zamanlı faz akımının analog akım bilgisi.
- Ön tahmin değerleri; gerçek zamanlı yük tahmini için lambaların çektiği akım değerine göre dört farklı tercihe kadar lamba güçleri.
- Gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden veya kullanıcı tarafından listeden seçilen lamba güçleri.
- Gerçek zamanlı yük tahmininde ilk tercihi doğrudan seçme imkânını sağlayan onay bilgisi.

#### *1.c. GEZYÜT Nesneleri Arasındaki İlişkilerin Saptanması*

A blok SUR lamba grubuna bağlı lamba güçlerinin, gerçek zamanlı ön tahmin değerlerinin belirlenmesi. Gerçek zamanlı faz akımı, belirlenen akım sınır değerleri içinde sorgulanarak, uzman sistem tarafından ön tahmin değerleri üretilmiştir. Akım sınır değerleri tespit edilirken, standart lamba güçlerinin akım değerleri ve güçlere göre belirlenen katsayılar kullanılmıştır. Faz akım değeri; lambaların ilk çalışma anlarında ki ısınma faktörü ve faz gerilim değerine bağlı olarak değişmektedir. Bu bağlamda, sınır değer tespitinde sadece standart lamba güçleri yeterli olmadığından standart lamba güçlerine göre hesaplanan katsayılar kullanılmıştır. Kuraldaki alt sınır değeri, standart lamba güçlerinin akım değerlerinden katsayı çıkarılarak bulunmuştur. Kuraldaki üst sınır değeri, standart lamba güçlerinin akım değerlerine katsayı eklenerek hesaplanmıştır.

A blok sürekli lamba grubunun gerçek zamanlı faz akımı değerine göre yük tahmininde, 300W ile 2300W arası ön tahmin güç değerleri kullanıcıya sunulması. Lamba grubunun hattına bağlı akım trafosunun primer akım değeri 10A olduğundan tahmin edilecek güç değerinin üst sınırı 2300W olarak belirlenmiştir.

Gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinde ilk tercihin lamba güçleri olarak atanması için otomatik seçimin onaylanması veya kullanıcının ilk tercihi onaylaması ile atanmıştır.

Gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinde ikinci tercihin lamba güçleri olarak atanması için otomatik seçimin onaylanmaması ve kullanıcının ikinci tercihi onaylaması ile atanmıştır.

Gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinde üçüncü tercihin lamba güçleri olarak atanması için otomatik seçimin onaylanmaması ve kullanıcının üçüncü tercihi onaylaması ile atanmıştır.

Gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinde dördüncü tercihin lamba güçleri olarak atanması için otomatik seçimin onaylanmaması ve kullanıcının dördüncü tercihi onaylaması ile atanmıştır.

Kullanıcı seçimli yük tahmininde öncelikle lamba sayısının belirlenmesi. Lamba sayısına göre ekranda görünen liste veya listelerden kullanıcı lamba güç değerlerini doğrudan atamıştır.

#### III.4.4.2. GEZYÜT US Değişkenleri ve Çıkarım Mekanizması Değişkenleri

GEZYÜT probleminde belirlenen nesnelerle yazılan EK G’de ki US kural tabanında, *if* kısmındaki değişkenler aşağıda sıra ile verilmiştir. Aşağıdaki değişkenler listesinde; eğik yazı ile yazılanlar değişkenleri, parantez içindeki ifadeler GEZYÜT kural tabanının ağ şeklinde gösterildiği Şekil III.22’de ki değişkenleri temsil etmekte ve diğer ifadeler değişkenlerin kısa açıklamalarıdır.

- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim*, A blok SUR lamba grubu çalışırken faz akımının değeri (GirişD1, GD1), ayrıca alt ve üst sınır değerleri (GirişD\_alt1: GD\_a1, GirişD\_üst1:GD\_ü1),
- *Forms20\chkbox1*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden ilk tercihi doğrudan seçme imkanını sağlayan onay bilgisi (GirişD2, GD2),

- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Tercih1*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinde ilk tercihin lamba güçleri olarak atanması için kullanıcı tarafından onaylanan değişken (GirişD3, GD3),
- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Tercih2*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinde ikinci tercihin lamba güçleri olarak atanması için kullanıcı tarafından onaylanan değişken (GirişD4, GD4),
- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Tercih3*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinde üçüncü tercihin lamba güçleri olarak atanması için kullanıcının onaylandığı değişken (GirişD5, GD5),
- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Tercih4*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinde dördüncü tercihin lamba güçleri olarak atanması için kullanıcı onayladığı değişken (GirişD6, GD6),
- *Forms20\cbxValue*, kullanıcı seçimli yük tahmininde lamba güçlerinin listeden seçimi değişkeni, A blok SUR lamba grubunun birinci lamba gücü (GirişD7, GD7),
- *Forms21\cbxValue*, kullanıcı seçimli yük tahmininde lamba güçlerinin listeden seçimi değişkeni, A blok SUR lamba grubunun ikinci lamba gücü (GirişD8, GD8),
- *Forms22\cbxValue*, kullanıcı seçimli yük tahmininde lamba güçlerinin listeden seçimi değişkeni, A blok SUR lamba grubunun üçüncü lamba gücü (GirişD9, GD9),

GEZYÜT probleminde belirlenen nesnelerle yazılan EK G’de ki US kural tabanında, *then* kısmındaki sayısal değerlerin atandığı çıkarım mekanizması değişkenleri aşağıda sıra ile verilmiştir. Aşağıdaki listede; eğik yazı ile yazılanlar çıkarım mekanizması değişkenlerini, parantez içindeki ifadeler GEZYÜT kural tabanının ağ şeklinde gösterildiği Şekil III.22’de ki çıkarım mekanizması değişkenlerini temsil etmekte ve diğer ifadeler çıkarım mekanizması değişkenlerinin kısa açıklamalarıdır.

- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_1X*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden ilk tercihin birinci lamba gücü (ÇıkarımD1, ÇD1),
- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_2X*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden ilk tercihin ikinci lamba gücü (ÇıkarımD2, ÇD2),
- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_3X*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden ilk tercihin üçüncü lamba gücü (ÇıkarımD3, ÇD3),
- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_1Y*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden ikinci tercihin birinci lamba gücü (ÇıkarımD4, ÇD4),
- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_2Y*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden ikinci tercihin ikinci lamba gücü (ÇıkarımD5, ÇD5),
- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_3Y*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden ikinci tercihin üçüncü lamba gücü (ÇıkarımD6, ÇD6),
- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_1Z*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden üçüncü tercihin birinci lamba gücü (ÇıkarımD7, ÇD7),
- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_2Z*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden üçüncü tercihin ikinci lamba gücü (ÇıkarımD8, ÇD8),
- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_3Z*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden üçüncü tercihin üçüncü lamba gücü (ÇıkarımD9, ÇD9),
- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_1W*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden dördüncü tercihin birinci lamba gücü (ÇıkarımD10, ÇD10),
- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_2W*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden dördüncü tercihin ikinci lamba gücü (ÇıkarımD11, ÇD11),

- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_3W*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden dördüncü tercihin üçüncü lamba gücü (ÇıkarımD12, ÇD12),
- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba1*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden veya kullanıcı tarafından listeden seçilen A blok SUR lamba grubuna bağlı birinci lamba gücü (ÇıkarımD13, ÇD13),
- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba2*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden veya kullanıcı tarafından listeden seçilen A blok SUR lamba grubuna bağlı ikinci lamba gücü (ÇıkarımD14, ÇD14),
- *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba3*, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden veya kullanıcı tarafından listeden seçilen A blok SUR lamba grubuna bağlı üçüncü lamba gücü (ÇıkarımD15, ÇD15),

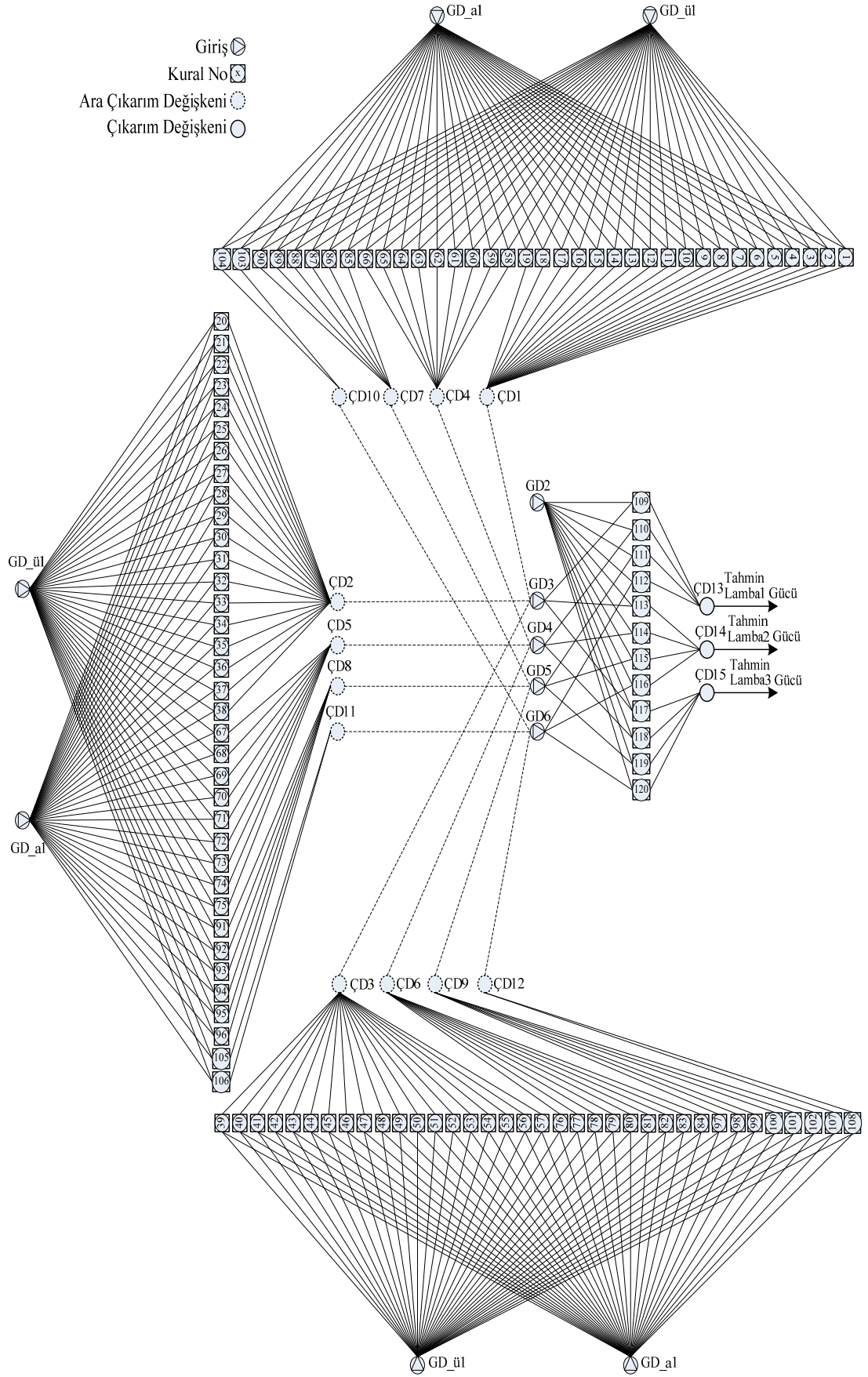
#### III.4.4.3. GEZYÜT Kural Tabanı

GEZYÜT için If...Then kurallarıyla tasarlanan US'un kural tabanı 138 adet kuraldan oluşmaktadır. Bu kurallar EK G'de görülmektedir. Tablo III.9'da GEZYÜT US ekranında gösterilen doğruluk dereceleri GK'ların değerleri verilmiştir. Şekil III.22'de GEZYÜT için US kural tabanında, faz akımının değerine lamba güçlerinin tahmin edilmesini sağlayan kurallar, ağ şeklinde gösterilmiştir.

**Tablo III.9 GEZYÜT US Ekranındaki Güvenilirlik Katsayıları**

| Çıkarım mekanizması                        | Kuralın IF kısmının GK                       | Kuralın sonuç kısmının GK                                                | Kuralın GK                    |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| ÇD13, ÇD14, ÇD15<br>(X lamba grubuna göre) | Lamba_1X=0.6<br>Lamba_2X=0.6<br>Lamba_3X=0.6 | Üç lambalı tercih=0.9<br>İki lamba tercih=0.71<br>Bir lambalı tercih=0.6 | 0.6x0.9<br>0.6x0.7<br>0.6x0.6 |
| ÇD13, ÇD14, ÇD15<br>(Y lamba grubuna göre) | Lamba_1Y=0.6<br>Lamba_2Y=0.6<br>Lamba_3Y=0.6 | Üç lambalı tercih=0.9<br>İki lamba tercih=0.71<br>Bir lambalı tercih=0.6 | 0.6x0.9<br>0.6x0.7<br>0.6x0.6 |
| ÇD13, ÇD14, ÇD15<br>(Z lamba grubuna göre) | Lamba_1Z=0.6<br>Lamba_2Z=0.6<br>Lamba_3Z=0.6 | Üç lambalı tercih=0.9<br>İki lamba tercih=0.71<br>Bir lambalı tercih=0.6 | 0.6x0.9<br>0.6x0.7<br>0.6x0.6 |
| ÇD13, ÇD14, ÇD15<br>(W lamba grubuna göre) | Lamba_1W=0.6<br>Lamba_2W=0.6<br>Lamba_3W=0.6 | Üç lambalı tercih=0.9<br>İki lamba tercih=0.71<br>Bir lambalı tercih=0.6 | 0.6x0.9<br>0.6x0.7<br>0.6x0.6 |





Şekil III.22 GEZYÜT için US'da Ağ Yapısı

### III.5. MEGZUS DESTEKLİ SCADA SİSTEMİ

RSView32 ortamında oluşturularak DAKS'ın zeki olmasını sağlayan MEGZUS, PLC'ye yazılan program ve RSView32'de yazılan diğer programlar birbirleri ile uyumlu çalışarak DAKS'ın en önemli bir parçası MEGZUS destekli SCADA sistemi gerçekleştirilmiştir. MEGZUS'un tüm özellikleri Bölüm III.4 başlığı altında anlatılmıştır. PLC'ye yazılan program ve RSView32 yazılım paketinde oluşturulan programları ile DAKS'a kazandırılan özellikler aşağıda sıralanmıştır.

- Dış ortamdaki aydınlık düzeyinin değişimini ölçmek için kullanılan güneş pilinden üretilen analog gerilim değeri referans değerlerin üzerinde ve gerçek zaman uygun gerçek zaman dilimi dışında ise beş ayrı bölgede bulunan bütün lamba grupları, programlanabilir kontrolör ve dağıtık I/O girişlerine uygulanan dijital sinyaller ile kontrol edilmiştir.
- Dış ortamdaki aydınlık düzeyi referans değerlerin üzerinde ve gerçek zaman uygun gerçek zaman dilimi dışında ise *bölgesel olarak lamba grupları*, her bloktaki kontrol panolarındaki programlanabilir kontrolör ve dağıtık I/O girişlerine uygulanan dijital sinyaller ile devreye alınıp, çıkarılmıştır.
- Aydınlık düzeyinin değeri referans değerinin altında ve/veya gerçek zaman uygun gerçek zaman dilimi içinde ise lamba gruplarının çalışma durumunu değiştirmeyecek şekilde dijital girişlere uygulanacak sinyallerle lambalar devreye alınıp çıkarılabilir. Yani aynı dijital giriş farklı görevler atanmıştır.
- HR lamba grupları hem hareket algılandığında hem de dijital girişler yardımıyla kontrol edilebilir. E-blokta bulunan HR grubu saat 20:00'a kadar sürekli lamba grubu ile birlikte çalıştırılmıştır. Sonraki zaman dilimlerinde hareket algılandığında devreye girmiştir. Hareket algılandığında HR grubu bir zamanlayıcı yardımı ile belirli bir süre aktif olmaktadır. Bu süre kişilerin hareket bölgesinde geçirdikleri ortalama süre tespit edilerek bulunmuştur. Bu süre çalışırken başka bir hareket algılandığında süre tekrar baştan başlatılmıştır.
- 23 lamba grubu, güvenlik riski dikkate alınarak tespit edilmiştir. 23 lamba grubu devreye girip girmemesi RSView32'de yapılan tercihe

bağlıdır. RSView32 ayarlar ekranı üzerinden 23 lamba grubunun üç farklı çalışma şekli seçimi yapılabilir: Okul dönemi, resmi tatil veya yaz dönemi ve hafta sonu. Okul döneminde, 23 lamba grubu saat 23'e kadar çalıştırılır, daha sonra devre dışı bırakılır. Hafta sonu çalışma şeklinde, 23 lamba grubu Pazar günleri devreye alınmaz. Resmi tatil veya yaz dönemi çalışma şekli seçilmiş ise 23 lamba grubu devreye alınmaz.

- Mart ve Ekim aylarındaki ileri-geri saat uygulaması dikkate alınmıştır.
- Herhangi bir sürekli lamba grubunun bağlı olduğu hat üzerinde arıza olduğu algılanırsa, lamba gruplarının devreye girdiği andan itibaren 23 ve HR lamba grupları SUR lamba grubunun yaptığı görevi yapar. SUR lamba grubunun bulunduğu hat üzerindeki arızanın sona erdiği algılandığında, 23 ve HR lamba grupları kendi çalışma şekline dönerler.
- RSView32'de DAKS için 10 ayrı ekran oluşturulmuştur. Tüm ekranların tasarımı yapılırken kullanıcı için etkin bir gösterge sistemi ve kullanışlı nesneler oluşturulmasına dikkat edilmiştir. Ekran üzerindeki göstergeler ve nesneler kolaylıkla anlaşılabilir ve okunabilir. Böyle bir oluşum, kullanıcının ekran üzerindeki yapıyı çözmesi için daha kısa bir zaman, karar verme aşamasında daha uzun bir zaman payı oluşması sağlanmıştır. Yani kullanıcı daha hızlı cevap verme imkanı verilmiştir.
- RSView32 ekranları katmanlı bir yapıda sunulmuştur. Kullanıcı ayrıntıya ulaşmak isterse bu katmanlı yapıda kolayca ulaşabilir. Ekran üzerinde yüksek önceliğe sahip nesnelerin ön planda yer alması, renklerinin seçiminde gerekli özen, şemaların basit ve net olmasına gayret edilmiştir. Ekran üzerindeki nesnelerin gerektiğinde görünmesi ve nesnelerin birbirinden net bir şekilde ayrılması sağlanmıştır.
- DAKS'da lamba gruplarının devreye alınması ve çıkarılması için karar verecek sistem seçimi RSView32 ekranı üzerinden gerçekleştirilir. Bu sistemler; programlanabilir kontrolör, el ile, US ile kontrolüdür.

- US ile kontrol uygulaması Bölüm III.4’de ve Bölüm III.6’da anlatılmıştır. El ile kontrol; kullanıcının DAKS’da lambaların devreye alınması ve çıkarılması kararını üstlenip, US’u devre dışı bırakarak, sisteme direkt müdahale edilmesidir. El ile kontrolde sistemin panolardan müdahale şartlarını kaldırmadan yapılan müdahaledir. Ekran üzerinden alarm seviyeleri izlenebilir ve kayıt altına alınır.
- Aydınlık düzeyinin değişimi, ekran üzerinden sayısal göstergeden ve grafik eğrilerinden gerçek zamanlı izlenebilir. İzlenen değerler periyodik kayıt altına alınır.
- Tüketilen enerji miktarı, ekran üzerinden sayısal göstergeden ve grafik eğrilerinden gerçek zamanlı izlenebilir. İzlenen değerler periyodik olarak kayıt altına alınır.
- A blok SUR lamba grubunun bağlı olduğu hattaki faz akımının değeri ekran üzerinden sayısal göstergeden gerçek zamanlı izlenebilir. Değerler periyodik olarak kaydedilir.
- RSView32’de periyodik olarak kayıt altına alınan; alarm durumu, aydınlık düzeyi, tüketilen enerji miktarı ve faz akımının geçmiş zamandaki herhangi bir andaki değerleri grafik eğrileri üzerinden görülebilir.
- RSView32’de SUR lamba grubunun devreye alındığı ve devreden çıkarıldığı gerçek zamanlar kayıt altına alınır.
- A-B blok, B-C blok ve E blok da oluşan hareket sayısı, HR lamba gruplarının devreye alındığı ve devreden çıkarıldığı gerçek zamanların kayıt altına alınır.
- RSView32’de klavyedeki fonksiyon tuşları ile herhangi bir ekrana ulaşılabilir.

### III.5.1. Aydınlık Düzeyinin Ölçümü

Aydınlık düzeyi, birim yüzeye düşen ışık akısı toplamıdır. Lüxmetre ile ölçülür. Aydınlık düzeyi E ile gösterilir ve birimi Lüx’dür. DAKS’da dış ortamdaki aydınlık düzeyini ölçmek güneş pili kullanılmıştır. Güneş pili, dış ortamdaki aydınlık düzeyine bağlı olarak analog gerilim üretmektedir. Güneş pili, A blok kontrol panosunda ki 1793-IE4 analog modülünün kanal 0 girişine bağlanmıştır. Dış

ortamdaki aydınlık düzeyi değişimine bağlı olarak güneş pilinin ürettiği analog gerilimin, RSView32 ekranında lüks olarak gösterebilmek için aşağıdaki işlemler yapılmıştır.

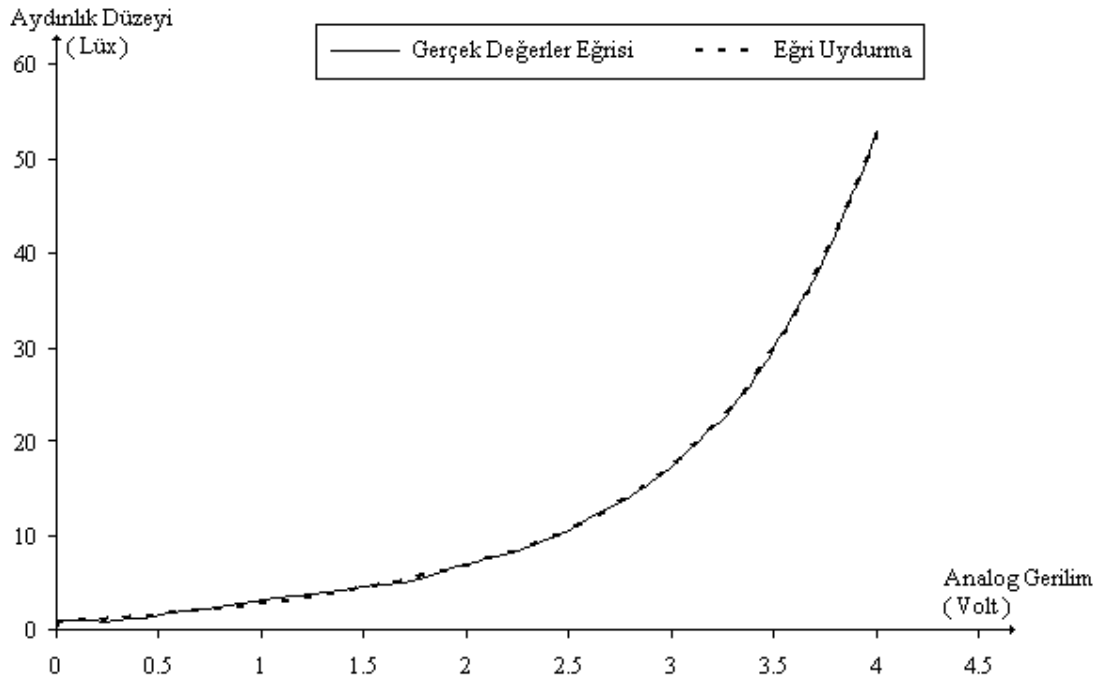
Aydınlık düzeyinin 0 lüks olduğu andan itibaren, aynı anda güneş pilinin ürettiği gerilim ve lüksmetre yardımı ile aydınlık düzeyi değeri lüks olarak okunup, kaydedilmiştir. 0..4V arasında okunan değerler, Tablo III.10'da görülmektedir. Programlanabilir kontrolörün analog modülüne bağlı güneş pilinin ürettiği analog gerilim; ADC (Analog Digital Converter) ile sayısal değere dönüştürülmekte ve programlanabilir kontrolörün ilgili hafıza alanına sayısal olarak kaydedilmektedir.

Ölçülen analog gerilim ve lüks değerleri arasındaki değişim bir eğri de gösterilmiştir ve elde edilen değerlere *eğri uydurma* metodu kullanılarak matematiksel modeli çıkarılmıştır. Matematiksel model, Denklem III.1'de gösterilmektedir. Şekil III.23'de gerçek değer eğrisi ve eğri uydurma metodu ile elde edilen eğri gösterilmektedir.

$$E = 0,0994.v_{gp}^5 - 0,3998.v_{gp}^4 + 0,6346.v_{gp}^3 + 0,4473.v_{gp}^2 + 1,1758.v_{gp} + 0,7899 \quad (III.1)$$

$v_{gp}$  : Güneş pilinin ürettiği gerilim (V)

$E$  : Aydınlık düzeyi (Lüks)



Şekil III.23 Aydınlık Düzeyi ve Analog Gerilim Arasındaki Değişim

**Tablo III.10 Analog Gerilim ile Aydınlık Düzeyi Arasındaki İlişki**

| Güneş pilinde ölçülen Gerilim (Volt ) | Lüxmetre ile ölçülen aydınlık düzeyi (Lüx) | Eğri uydurma metodu ile aydınlık düzeyi (Lüx) |
|---------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 0                                     | 0                                          | 0.7899 (Programda 0 yapılmıştır.)             |
| 0.02                                  | 1                                          | 0.8136                                        |
| 0.03                                  | 1                                          | 0.8256                                        |
| 0.04                                  | 1                                          | 0.8377                                        |
| 0.05                                  | 1                                          | 0.8499                                        |
| 0.07                                  | 1                                          | 0.8746                                        |
| 0.09                                  | 1                                          | 0.8998                                        |
| 0.1                                   | 1                                          | 0.9125                                        |
| 0.3                                   | 1                                          | 1.1970                                        |
| 1.5                                   | 4.5                                        | 4.4326                                        |
| 1.7                                   | 5                                          | 5.2714                                        |
| 2                                     | 7                                          | 6.7915                                        |
| 2.19                                  | 8                                          | 7.9866                                        |
| 2.44                                  | 10                                         | 9.9663                                        |
| 2.54                                  | 11                                         | 10.9294                                       |
| 2.63                                  | 12                                         | 11.9000                                       |
| 2.72                                  | 13                                         | 12.9832                                       |
| 2.8                                   | 14                                         | 14.0529                                       |
| 2.87                                  | 15                                         | 15.0808                                       |
| 2.93                                  | 16                                         | 16.0368                                       |
| 2.99                                  | 17                                         | 17.0680                                       |
| 3.04                                  | 18                                         | 17.9891                                       |
| 3.09                                  | 19                                         | 18.9701                                       |
| 3.14                                  | 20                                         | 20.0149                                       |
| 3.18                                  | 21                                         | 20.8993                                       |
| 3.24                                  | 22                                         | 22.3119                                       |
| 3.31                                  | 24                                         | 24.0992                                       |
| 3.34                                  | 25                                         | 24.9139                                       |
| 3.39                                  | 26                                         | 26.3408                                       |
| 3.41                                  | 27                                         | 26.9365                                       |
| 3.48                                  | 29                                         | 29.1401                                       |
| 3.5                                   | 30                                         | 29.8049                                       |
| 3.53                                  | 31                                         | 30.8327                                       |
| 3.56                                  | 32                                         | 31.8983                                       |
| 3.61                                  | 34                                         | 33.7616                                       |
| 3.66                                  | 36                                         | 35.7391                                       |
| 3.69                                  | 37                                         | 36.9828                                       |
| 3.72                                  | 38                                         | 38.2711                                       |
| 3.74                                  | 39                                         | 39.1554                                       |
| 3.76                                  | 40                                         | 40.0605                                       |
| 3.78                                  | 41                                         | 40.9868                                       |
| 3.8                                   | 42                                         | 41.9347                                       |
| 3.82                                  | 43                                         | 42.9048                                       |
| 3.84                                  | 44                                         | 43.8973                                       |
| 3.86                                  | 45                                         | 44.9128                                       |
| 3.88                                  | 46                                         | 45.9516                                       |
| 3.9                                   | 47                                         | 47.0143                                       |
| 3.92                                  | 48                                         | 48.1012                                       |
| 3.94                                  | 49                                         | 49.2129                                       |
| 3.96                                  | 50                                         | 50.3498                                       |
| 4                                     | 53                                         | 52.7011                                       |

Güneş pilinin ürettiği gerilimin sayısal değerinin saklı olduğu PLC hafızasından alınan değer, RSView32’de tekrar analog değere dönüştürülmüştür. Elde edilen analog değer matematiksel modelde işlenerek karşılık gelen lux değeri bulunmuştur. RSView32’de bulunan aydınlık düzeyi ekranında gösterilmiştir.

### **III.6. US TABANLI ZEKİ KONTROL NOKTASI**

MEGSUZ destekli SCADA sisteminde, PLC de ki arıza, RIO haberleşmesinde master birimin devre dışı kalması, master ile bağdaştırıcı birimler arasındaki iletişimin kesilmesi veya bağdaştırıcıda oluşabilecek arıza durumunda haberleşmesi kesilen bölgede veya bölgelerde sistemin arızaya geçmesine sebep olur. MEGSUZ destekli SCADA sistemi ile arızaya geçen bölge veya bölgelerde aydınlatmanın kontrolü gerçekleştirilemez. RIO sistemi ile birlikte kullanılacak ve arıza anında bölgesel olarak DAKS’ın sürekliliğini sağlamak için hem merkez noktasına hem de bağdaştırıcıların bulunduğu noktalara birer mikrodenetleyici (işlemci) kartı yerleştirilmiştir. EK B’de, gerçekleştirilen mikrodenetleyici kartının devre şeması görülmektedir.

Mikrodenetleyici program hafızasına, lamba gruplarının gerçek zaman ve harekete bağlı en uygun zamanda devreye girmesini ve çıkmasını sağlayan yani enerji tüketimini en uygun düzeyde tutan bir US yazılarak, US tabanlı denetleyici yapılmıştır. Diğer bir ifadeyle US tabanlı ZKN oluşturulmuştur. Mikrodenetleyici hafızasında çalışan US, sadece yukarıda belirtilen durumda devreye girmektedir. Eğer RIO standardında bir arıza veya devre dışı edilme durumu yok ise mikrodenetleyici DAKS’da arabirim görevini yerine getirir. DAKS’da, RIO standardı üzerinde çıkış modüllerinin kontrol sinyalleri, lamba gruplarının sürüldüğü güç devrelerine mikrodenetleyici üzerinden iletilir.

DAKS’da mikrodenetleyicinin giriş portlarına; lambaları bölgesel olarak devreye alınması ve çıkarılması için kontrol girişleri, kızıl ötesi ve foto-elektrik sensörleri, çıkış modüllerinden (1793-OW4, 1746-OW8) lambaları devreye alınması ve çıkarılması için çıkış sinyalleri bağlanır. Ayrıca çıkış modülü (1793-OW4, 1746-OW8) ile mikrodenetleyici arasında haberleşme sinyali olarak kullanılan bir çıkış sinyali bulunmaktadır. Bu dijital sinyal; modül için çıkış, mikrodenetleyici için giriş sinyalidir. Modülün çıkış sinyali kesildiğinde, ilgili blokta DAKS’ın sürekliliğini sağlamak için mikrodenetleyici tüm görevleri üzerine alarak, program hafızasına

yüklenen US ile zeki kontrolü gerçekleştirir. Mikrodenetleyicinin çıkış portları; lamba gruplarını devreye almak ve çıkarmak için kullanılır.

ZKN’de tasarlanan US’un bilgi tabanı üç aşamada oluşturulmuştur. Bunlar:

- Disiplin alanının tasviri,
- Bilginin elde edilmesi,
- Bilginin sunulması modelinin seçilmesi.

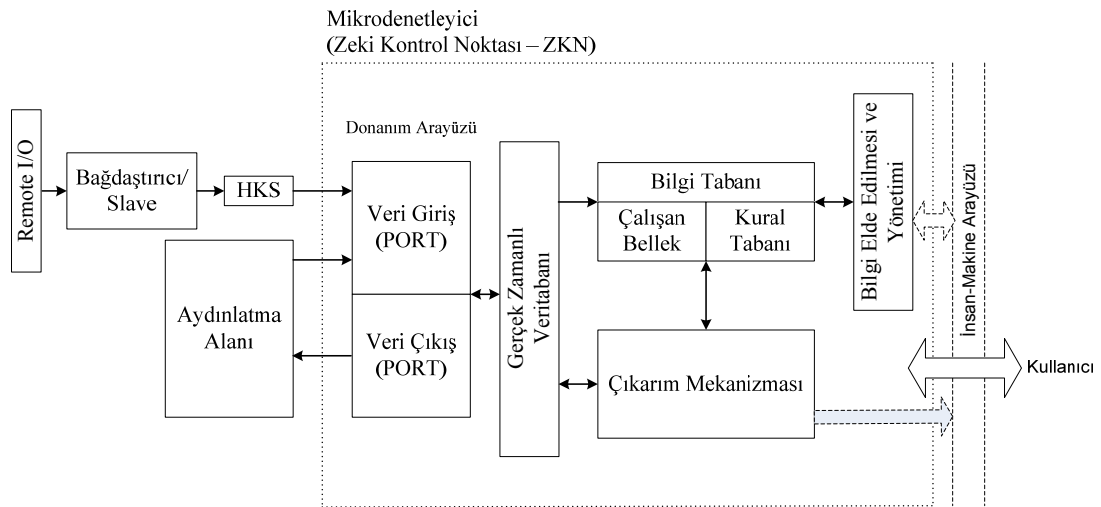
Bilginin elde edilmesinde kaynak olarak; uzman kişinin bilgi ve tecrübesi, matematik modeller, kullanıcılar ve yaşanan olaylardan faydalanılmıştır.

ZKN’de US’un fonksiyonunda, nesnelerin oluşturulması ve bunlar arasındaki ilişkilerin belirlenmesinde, bilginin sunulması modellerinden üretim kuralları (üretim sistemleri) modeli kullanılmıştır. Bu model If...Then (Eğer...O Halde) kuralları ile gerçekleştirilir.

ZKN’nin kurulduğu beş bölgede üç ayrı çalışma şekli vardır. Bu çalışma şekilleri dikkate alınarak üç farklı US yazılmıştır.

- D ve B bloklar için tasarlanan US,
- A ve C bloklar için tasarlanan US,
- E blok için tasarlanan US.

ZKN’de dış aydınlatmanın gerçek zamanlı kontrolü için tasarlanan US’un blok diyagramı Şekil III.24’de gösterilmektedir. Şekil III.8’de DAKS’da TEF bloklarında saha cihazlarının yerleşiminde ZKN’nin konumu ve Şekil III.12’de US tabanlı ZKN’nin, DAKS’ın genel blok şeması içindeki yeri gösterilmektedir.



Şekil III.24 Zeki Kontrol Noktası Uzman Sistem Blok Diyagramı



### III.6.1. ZKN US Bilgi Tabanında Disiplin Alanının Tasviri

ZKN’de tasarlanan US bilgi tabanında disiplin alanın tasvirinde aşağıdaki aşamalar kullanılmıştır.

#### III.6.1.1. ZKN US Probleminin Karakterlerinin Ortaya Çıkarılması

Ana başlıklar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- MEGZUS destekli SCADA sisteminden gelen kontrol sinyallerinin değerlendirilmesi.
- Gerçek zamana bağlı olarak en uygun gerçek zaman diliminde lamba gruplarının devreye alınması ve çıkarılması. Ayrıca dijital girişler ile lambaların kontrolü.
- E blok kullanım sahasına uygun olarak HR lamba grubunun belli bir zamana kadar sürekli çalışması, daha sonra harekete bağlı çalışması.

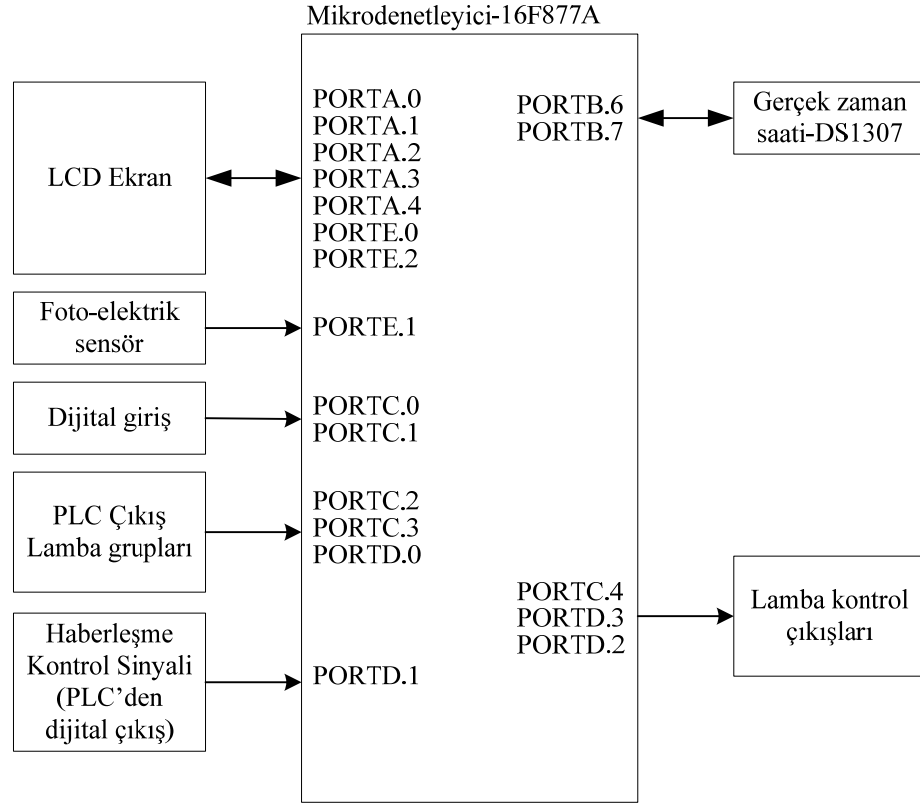
#### III.6.1.2. ZKN US Probleminin Nesnelerinin Belirlenmesi

Problemin karakterine göre belirlenen nesneler:

- Gerçek zaman verileri.
- MEGSUZ destekli SCADA sisteminde dijital çıkış modüllerinden gelen kontrol sinyalleri: SUR, HR ve 23 lamba gruplarının devreye alınması ve çıkarılması için kontrol sinyalleri. Haberleşmenin durumunu gösteren dijital çıkış sinyalleri. Bu kontrol sinyalleri MEGZUS için çıkış sinyali, ZKN için giriş sinylidir.
- ZKN’de HR lamba gruplarının devreye alınmasını sağlayan sensör girişleri.
- Lamba gruplarının el ile kontrolü için dijital girişler.
- Gerçek zaman modülü haberleşme bağlantıları.

#### III.6.1.3. ZKN US Nesneleri Arasındaki İlişkilerin Saptanması

US tabanlı mikrodenetleyicinin basit donanım düzeneğinin blok şeması Şekil III.25’de gösterilmektedir. EK’B de US tabanlı mikrodenetleyicinin ayrıntılı bağlantı şeması verilmektedir.



**Şekil III.25 US Tabanlı Mikrodenetleyicinin Basit Donanım Düzenneği**

MEGZUS destekli SCADA sistemi ile US tabanlı ZKN arasında haberleşme kontrol sinyali olarak kullanılan MEGZUS dijital çıkışı aktif olduğu sürece, ZKN sadece MEGZUS'dan gelen lamba grupları kontrol sinyallerini işleyerek, mikrodenetleyicinin çıkışındaki lamba gruplarını devreye alınması ve çıkarılması işlemini gerçekleştirmiştir. Haberleşme kontrol sinyali kesilirse, US tabanlı ZKN, lamba gruplarının kontrolünü kendisi gerçekleştirir.

US tabanlı ZKN, haberleşme kontrol sinyali kesilirse en uygun gerçek zaman diliminde lamba gruplarını devreye alınması ve çıkarılması işlemini yürütmüştür. SUR ve 23 lamba grupları gerçek zamana göre devreye alınır ve çıkarılır. HR lamba grupları mikrodenetleyicinin girişlerine bağlanan sensörler yardımıyla devreye alınır. Mikrodenetleyicinin iki dijital girişi ile lamba grupları el ile devreye alınır ve çıkarılır.

#### III.6.1.4. ZKN US Çıkarım Mekanizmasında Yöntemin Belirlenmesi

ZKN, US yapısında bulunan çalışan bellekteki mevcut gerçeklerin gözden geçirilmesi ve bilgi tabanındaki *If...Then* kurallarının gözden geçirilmesi ile elde edilecek çıkarımda ileriye doğru zincirleme yöntemi kullanılmıştır.

### III.6.2. ZKN US Değişkenleri ve Çıkarım Mekanizması

#### Değişkenleri

US tabanlı ZKN'nin kurulduğu beş bölgede üç ayrı çalışma şekli vardır. Bu çalışma şekilleri dikkate alınarak üç ayrı US yazılmıştır. Üç ayrı US'un çalışma şekilleri birbirine yakın olduğundan bu bölümde, sadece E blok US tabanlı ZKN probleminde belirlenen nesnelerle yazılan EK H'da ki US kural tabanında, *if* kısmındaki değişkenler aşağıda sıra ile verilmiştir. Aşağıdaki değişkenler listesinde; eğik yazı ile yazılanlar değişkenleri, parantez içindeki ifadeler ZKN US kural tabanının ağ şeklinde gösterildiği Şekil III.26'da ki değişkenleri temsil etmekte ve diğer ifadeler değişkenlerin kısa açıklamalarıdır.

- *PORTD.1*, MEGZUS destekli SCADA sistemi ile US tabanlı ZKN arasında haberleşme kontrol sinyali olarak kullanılan dijital girişi temsil eden değişkendir, (GirişE1, GE1).
- *PlcSUR\_Giris\_Q0* : MEGZUS destekli SCADA sistemi ile US tabanlı ZKN arasında haberleşme kesilmediği durumda, mikrodnetleyici DAKS'da arabirim görevini yerine getirir. DAKS'da, RIO standardı üzerinde çıkış modüllerinin kontrol sinyalleri, lamba gruplarının sürüldüğü güç devrelerine mikrodnetleyici üzerinden iletilir. SUR lamba grubu için RIO çıkış modüllerinden gönderilen kontrol sinyali US tabanlı ZKN'de *PlcSUR\_Giris\_Q0* değişkeni tarafından temsil edilmiştir. Mikrodnetleyicide PORTC.2 pinidir, (GirişE2, GE2).
- *Plc23\_Giris\_Q1* : *PlcSUR\_Giris\_Q0* değişkeni ile benzer göreve sahiptir. Bu değişken 23 lamba grubunu temsil eder. Mikrodnetleyicide PORTC.3 pinidir, (GirişE3, GE3).
- *PlcHR\_Giris\_Q2* : *PlcSUR\_Giris\_Q0* değişkeni ile benzer göreve sahiptir. Bu değişken HR lamba grubunu temsil eder. Mikrodnetleyicide PORTD.0 pinidir, (GirişE4, GE4).
- *PORTC.0*, ZKN'de lamba gruplarını buton ile devreye alınmasını sağlayan kontrol sinyalini temsil eder, (GirişE5, GE5).
- *PORTC.1*, ZKN'de lamba gruplarını buton ile devreden çıkarılmasını sağlayan kontrol sinyalini temsil eder, (GirişE6, GE6).

- *Zaman*, on iki aylık sürede lamba gruplarının devreye alınması ve çıkarılması için uygun gerçek zaman dilimini temsil eder.
- *RTCMonth*, gerçek zamanda ay (GirişE7, GE7).
- *RTCDay*, gerçek zamanda gün (GirişE8, GE8).
- *RTCHour*, gerçek zamanda saat (GirişE9, GE9).
- *RTCMin*, gerçek zamanda dakika (GirişE10, GE10).
- *AksamStop*, uygun gerçek zaman dilimi içinde lamba gruplarının çalışma şeklini engellemeden, lamba gruplarının buton ile kontrol imkanı sağlayan değişken.
- *GunduzOnHazirlik*, uygun gerçek zaman dilimi dışında lamba gruplarının buton ile kontrol edilmesini sağlayan değişkendir, (GirişE11, GE11).
- *PORTE.1*, Hareket bilgisini temsil eden değişkendir, (GirişE12, GE12).

US tabanlı ZKN'nin E bloktaki probleminde belirlenen nesnelerle yazılan EK H'da ki US kural tabanında, *then* kısmındaki sayısal değerlerin atandığı çıkarım mekanizması değişkenleri aşağıda sıra ile verilmiştir. Aşağıdaki listede; eğik yazı ile yazılanlar çıkarım mekanizması değişkenlerini, parantez içindeki ifadeler ZKN US kural tabanının ağ şeklinde gösterildiği Şekil III.26'da ki çıkarım mekanizması değişkenlerini temsil etmekte ve diğer ifadeler de çıkarım mekanizması değişkenlerinin kısa açıklamalarıdır.

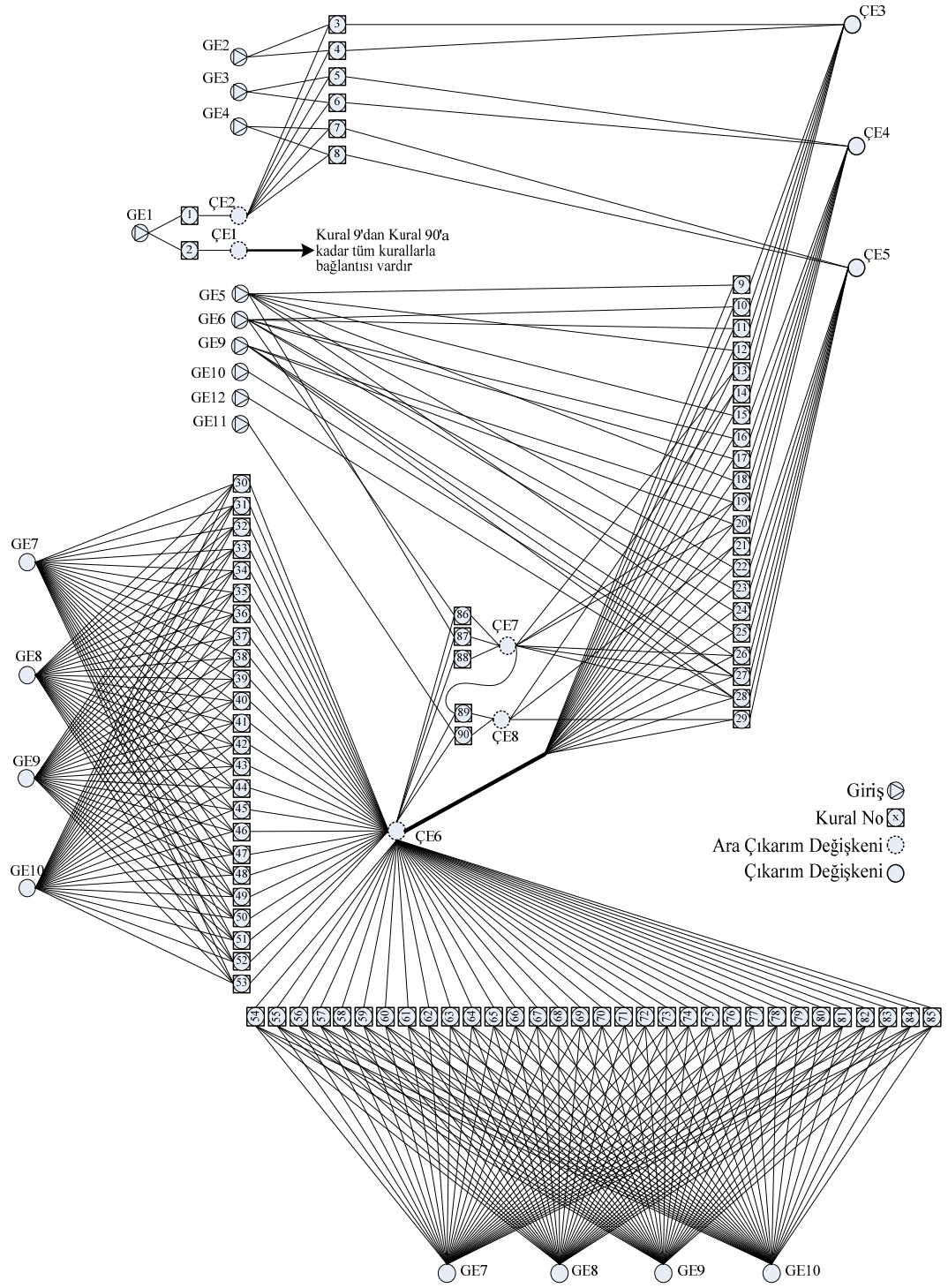
- *h\_kopuk*, MEGZUS destekli SCADA sistemi ile US tabanlı ZKN arasında haberleşme kontrol sinyalinin kesilmesi durumunu temsil etmektedir, (ÇıkarımE1, ÇE1).
- *h\_var*, MEGZUS destekli SCADA sistemi ile US tabanlı ZKN arasında haberleşme kontrol sinyalinin sürekli olması durumunu temsil etmektedir, (ÇıkarımE2, ÇE2).
- *LambaSUR*, (PORTC.4) SUR lamba grubunun devreye alınmasını ve çıkarılmasını sağlayan kontrol sinyalidir, (ÇıkarımE3, ÇE3).
- *Lamba23*, (PORTD.3) 23 lamba grubunun devreye alınması ve çıkarılmasını sağlayan kontrol sinyalidir, (ÇıkarımE4, ÇE4).
- *LambaHR*, (PORTD.2) HR lamba grubunun devreye alınması ve çıkarılması kontrol sinyalidir, (ÇıkarımE5, ÇE5).

- *Zaman*, on iki aylık sürede lamba gruplarının devreye alındığı ve çıkarıldığı uygun gerçek zaman dilimini temsil etmektedir, (ÇıkarımE6, ÇE6).
- *AksamStop*, uygun gerçek zaman dilimi süresince lamba gruplarının buton ile kontrol edilmesini sağlayan değişkeni temsil etmektedir, (ÇıkarımE7, ÇE7).
- *GunduzOnHazirlik*, uygun gerçek zaman dilimi dışında lamba gruplarının buton ile kontrol edilmesini sağlayan değişkeni temsil etmektedir, (ÇıkarımE8, ÇE8).

### III.6.3. ZKN US Kural Tabanı

US tabanlı ZKN’de E blok için If...Then kurallarıyla tasarlanan US’un kural tabanı 90 adet kuraldan oluşmaktadır. Bu kurallar EK H’da görülmektedir.

Şekil III.26’da ZKN için US kural tabanındaki lamba gruplarının devreye alınması/çıkarılması kontrol işaretlerinin üretilmesini sağlayan kurallar, ağ şeklinde gösterilmiştir.



Şekil III.26 ZKN için US'da Ağ Yapısı

## **BÖLÜM IV**

### **DENEYSEL SONUÇLAR**

Bu bölümde MEGZUS destekli Scada ve US tabanlı ZKN ile yapılan gerçek zamanlı deneysel çalışmalar ve sonuçlar açıklanacaktır. MEGSUZ GEZKİ fonksiyonu ve US tabanlı ZKN’de çevre şartları ve gerçek zamana göre lamba gruplarının en uygun zamanda devreye alınmaları ve devreden çıkarılması amaçlanmıştır. MEGSUZ GEZLAT fonksiyonu, GEZYÜT fonksiyonunda belirlenen lamba güçleri ve A blok SUR lamba grubunun fazdan çektiği akımı göre hatta bağlanan lambalardaki arızaları teşhis etmek amaçlanmıştır. MEGSUZ GEZHAT fonksiyonunda beş blokta lamba gruplarının bağlı olduğu hatlardaki fazın değerine göre arızaları teşhis etmek hedeflenmiştir. MEGSUZ GEZYÜT fonksiyonunda A blok SUR lamba grubunun fazdan çektiği akım büyüklüğüne göre hatta bağlanan lamba güçlerini tahmin edilmesi amaçlanmıştır.

#### **IV.1. MEGSUZ KAPSAMINDA SONUÇLAR**

##### **IV.1.1. GEZKİ Fonksiyonu**

MEGSUZ GEZKİ fonksiyonunda lamba gruplarının devreye alınması ve çıkarılması aşağıdaki durumlarda gerçekleştirilmiştir.

Gerçek zaman ve aydınlık düzeyi değeri; bu çalışma şeklinde uygun gerçek zaman dilimi ve dış ortamdaki aydınlık düzeyi örnekleme zamanı boyunca 4,4 lüks’ün altında olduğunda lamba grupları devreye alınmaktadır.

Uygun aydınlık düzeyi; bu çalışma şeklinde uygun gerçek zaman dilimi dışında, aydınlık düzeyinin örnekleme zamanı boyunca 1 lüks den büyük 2.74lüks den küçük olduğu anlarda lamba grupları devreye alınmaktadır.

Güvenli zaman dilimi; aydınlık düzeyine bağlı olmadan belirlenen zaman dilimleri arası lamba grupları devrede tutulmaktadır.

Lamba grupları, yukarıda sayılan üç şart bozulursa devreden çıkmaktadır.

MEGSUZ GEZKİ fonksiyonu ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması için aynı lamba gruplarının Marmara Üniversitesi Göztepe yerleşkesinde TEF'in A-B-C-D bloklarının bulunduğu ve yoğun olarak kullanılan park tarafındaki lamba grupları ile aynı zamanda devreye alındığı ve devreden çıkarıldığı kabul edilmiştir. Bu çalışma şekline *klasik sistem* olarak adlandırılmıştır.

MEGSUZ GEZKİ uygulaması yapılırken yerleşke içerisinde yapılan gözlemlerde çeşitli bölgelerdeki dış aydınlatma sistemlerinin çalışma saatleri tespit edilerek Tablo IV.1'de verilmiştir. Tablo IV.1'de görüldüğü farklı bölgelerdeki lamba gruplarının bazı günlerde çalışmadığı, devreye girme ve çıkma anlarının uyum sağlanamadığı ve erken devreye alınıp geç devreden çıkarıldıkları belirlenmiştir.

**Tablo IV.1 Marmara Üniversitesi Göztepe Yerleşkesinde Farklı Yerlerdeki Dış Aydınlatma Sistemlerinin Çalışma Zamanları**

| Tarih      | TEF<br>Mekatronik | Sosyal<br>Tesisler | Park/Yol<br>aydınlatması<br>(Klasik sistem) | Meydan<br>(Fen-Edebiyat) |
|------------|-------------------|--------------------|---------------------------------------------|--------------------------|
| 30.01.2007 | ----              | 17:03              | 17:09 - 07:25                               | 17:08                    |
| 31.01.2007 | ----              | 17:15              | 17:21 - 07:30                               | 17:24                    |
| 01.02.2007 | 17:12 - 19:30     | 17:15              | 17:12 - 07:25                               | 17:32                    |
| 02.02.2007 | ----              | 17:13              | 17:00 - 07:24                               | 17:32                    |
| 03.02.2007 | 17:15 - 20:00     | 17:15              | 17:10 - 07:26                               | 17:30                    |
| 04.02.2007 | 17:15 - 20:00     | 17:14              | 17:13 - 07:30                               | 17:31                    |
| 05.02.2007 | 17:15 - 20:00     | 17:15              | 17:14 - 07:20                               | 17:30                    |

MEGSUZ GEZKİ'de yapılan deneysel çalışmada 23 lamba grubuna; okul dönemi, yaz dönemi ve hafta sonu çalışma şekilleri sıra ile uygulanmıştır. GEZKİ yedi gün boyunca sürekli çalıştırılmıştır. İlk beş gün 23 lamba grubu *okul dönemi*, altıncı gün *hafta sonu* ve son gün *resmi tatil* çalışma şekilleri tercih edilmiştir. GEZKİ uygulamasında, tüketilen enerji miktarlarının karşılaştırılması ve bloklardaki hareket sayısı ile elde edilen sonuçlar ayrıntılı olarak Tablo IV.2'de verilmiştir.



Tablo IV.2 MEGZUS GEZKİ Fonksiyonu Uygulama Sonuçları

| Tarih                                | MEGZUS GEZKİ<br>(Sistemin devreye<br>giriş -çıkış<br>zamanları) | Klasik Sistem<br>(Sistemin devreye<br>giriş -çıkış<br>zamanları) | Hareket Sayısı |             |           | HR aktif süre                                                                    |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                  | MEGZUS<br>GEZKİ<br>(kWh) | Klasik<br>Sistem<br>(KS)<br>(kWh) | Fark kWh<br>(GEZKİ-KS) | %<br>Tasarruf |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------|-------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|------------------------|---------------|
|                                      |                                                                 |                                                                  | A-B<br>blok    | B-C<br>blok | E<br>blok | A Blok                                                                           | B Blok                                                                                                                                              | C Blok                                                                                                                                              | E Blok                                                                                                                                           |                          |                                   |                        |               |
| 30.01.2007                           | 17:41 - 07:01                                                   | 17:09 - 07:25                                                    | 1              | 4           | 55        | *                                                                                | *                                                                                                                                                   | *                                                                                                                                                   | *                                                                                                                                                | 123.58                   | 178.33                            | -54.75                 | 30.7015       |
| 31.01.2007                           | 17:40 - 06:55                                                   | 17:21 - 07:15                                                    | 5              | 1           | 12        | 17:41-18:00=2 dak<br>18:00-19:00=2 dak<br>02:00-03:00=2 dak<br>05:00-06:00=2 dak | 17:41-18:00=2 dak<br>18:00-19:00=2 dak<br>02:00-03:00=2 dak<br>05:00-06:00=2 dak                                                                    | 17:41-18:00=2 dak                                                                                                                                   | 20:00 - 06:55<br>(süreklî)                                                                                                                       | 119.56                   | 173.75                            | -54.19                 | 31.1865       |
| 01.02.2007                           | 17:43 - 07:00                                                   | 17:12 - 07:25                                                    | 1              | 1           | 60        | 17:43-18:00=16 dak****<br>18:00-19:00=2 dak****                                  | 17:43-18:00=16 dak****<br>18:00-19:00=2 dak****                                                                                                     | 17:41-18:00=2 dak                                                                                                                                   | 20:00-21:00=41 dak<br>21:00-22:00=16 dak<br>22:00-23:00=10 dak<br>04:00-05:00=3 dak<br>06:00-07:00=3 dak                                         | 111.14                   | 177.71                            | -66.57                 | 37.4599       |
| 02.02.2007                           | 17:41 - 06:58                                                   | 17:00 - 07:24                                                    | 0              | 4620**      | 7         | 0                                                                                | 17:41-18:00=2 dak<br>18:00-19:00=20dak<br>02:00-03:00=7 dak<br>03:00-04:00=14 dak<br>04:00-05:00=25 dak<br>05:00-06:00=37 dak<br>06:00-07:00=22 dak | 17:41-18:00=2 dak<br>18:00-19:00=20dak<br>02:00-03:00=7 dak<br>03:00-04:00=14 dak<br>04:00-05:00=25 dak<br>05:00-06:00=37 dak<br>06:00-07:00=22 dak | 20:00 - 06:58<br>(Süreklî)                                                                                                                       | 120.21                   | 180                               | -59.79                 | 33.2167       |
| 03.02.2007<br>(Çmr)                  | 17:48 - 06:59                                                   | 17:10 - 07:23                                                    | 1              | 0           | 51        | 17:48-18:00=12dak****<br>18:00-19:00=55dak****                                   | 17:48-18:00=12dak****<br>18:00-19:00=55dak****                                                                                                      | 0                                                                                                                                                   | 20:00-21:00=31 dak<br>21:00-22:00=34 dak<br>22:00-23:00=4 dak<br>03:00-04:00=6 dak<br>05:00-06:00=6 dak                                          | 110.71                   | 177.71                            | -67.00                 | 37.7019       |
| 04.02.2007<br>/Pr<br>(Hafta<br>Sonu) | 17:41 - 06:54                                                   | 17:13 - 07:25                                                    | 1              | 0           | 64        | 17:41-18:00=19 dak****<br>18:00-19:00=20 dak****                                 | 17:41-18:00=19 dak****<br>18:00-19:00=20 dak****                                                                                                    | 0                                                                                                                                                   | 20:00-21:00=32dak<br>21:00-22:00=23 dak<br>22:00-23:00=3 dak<br>00:00-01:00=3 dak<br>03:00-04:00=3 dak<br>05:00-06:00=4 dak<br>06:00-07:00=9 dak | 98.12                    | 177.5                             | -79.38                 | 44.7211       |
| 05.02.2007<br>(Yaz<br>Dönemi)        | 17:45 - 06:51                                                   | 17:14 - 07:22                                                    | 0              | 25**        | 26        | 0                                                                                | 17:45-18:00=14 dak<br>18:00-19:00=20 dak<br>19:00-20:00=7 dak                                                                                       | 17:45-18:00=14 dak<br>18:00-19:00=20 dak<br>19:00-20:00=7 dak                                                                                       | 20:00-21:00=28 dak<br>21:00-22:00=5 dak                                                                                                          | 95.80                    | 176.67                            | -80.87                 | 45.7746       |

Açıklamalar:

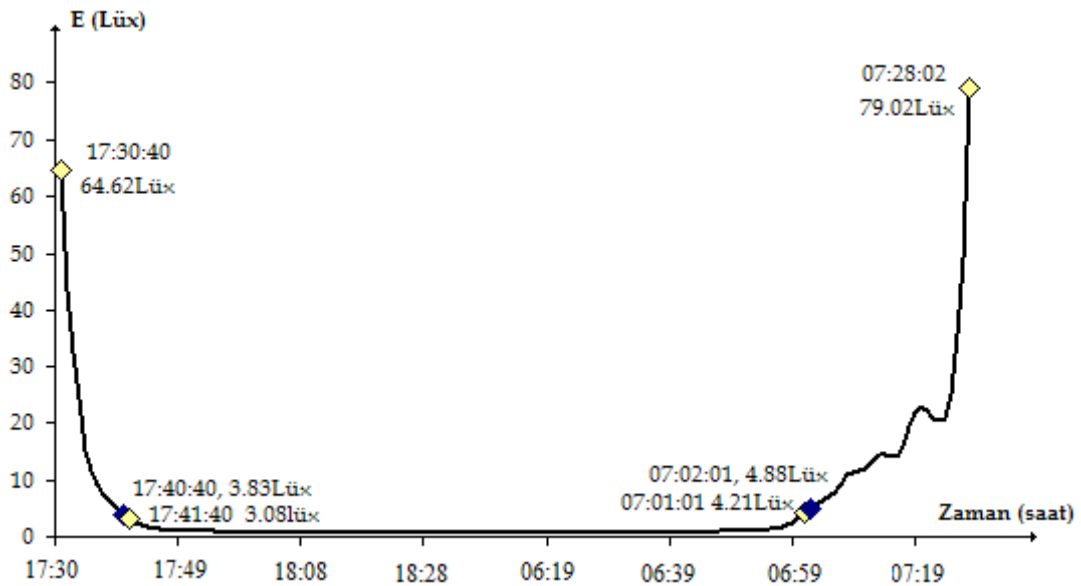
\*Veri alınmadı. \*\*İnşaat malzemesinin konulması. \*\*\*Araba engeli.

Uygulama günlerinde, lamba grupları, dış ortamdaki aydınlık düzeyi belirlenen gecikme zamanı kadar 4,4 lüks'lük referans değerin altında ve lamba gruplarının uygun gerçek zaman dilimi içinde devreye alınmıştır. Dış ortamdaki aydınlık düzeyi gecikme zamanı kadar 4,4 lüks'lük referans değerin üstünde veya uygun gerçek zaman dilimi dışında ise lamba grupları devreden çıkarılmıştır.

Uygulama günlerinde, GEZKİ fonksiyonu çalışırken lamba gruplarında arıza olmadığı için, klasik sistemde tüketilen enerji miktarı hesaplanırken tüm lambaların aktif olduğu kabul edilmiştir.

### İlk Uygulama Günü:

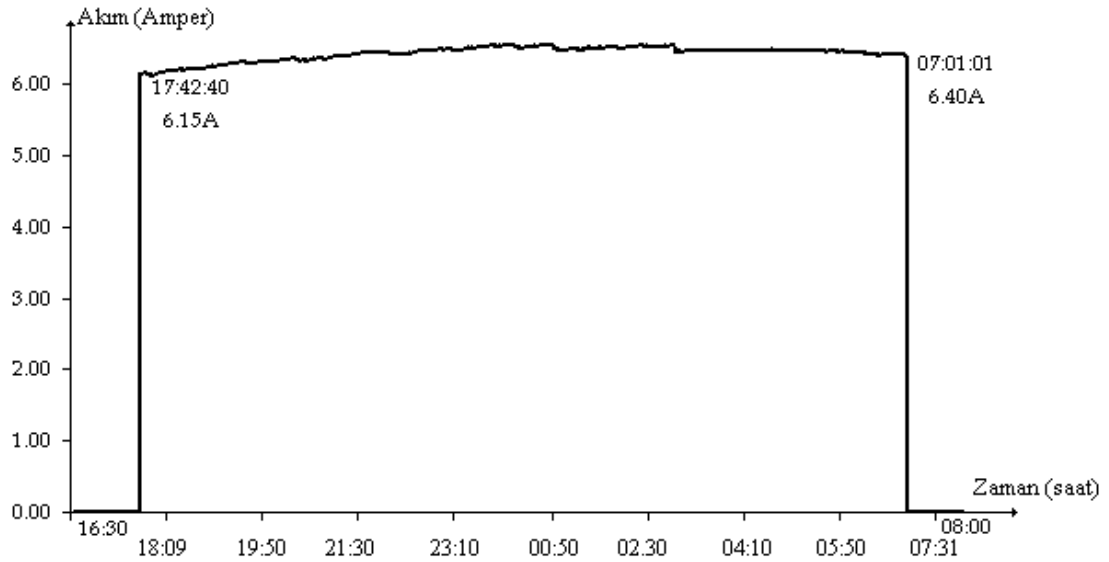
Uygulama aşamasının ilk gününde, lambaların devreye alındığı ve çıkarıldığı zamanlarda dış ortamdaki aydınlık düzeyinin zamanla değişimi Şekil IV.1'de görülmektedir. İlk uygulamada A blok SUR lamba grubunun devreye alınması ve çıkarılmasının yaklaşık gerçek zamanları ve akımın zamana bağlı değişimi Şekil IV.2'de gösterilmektedir.



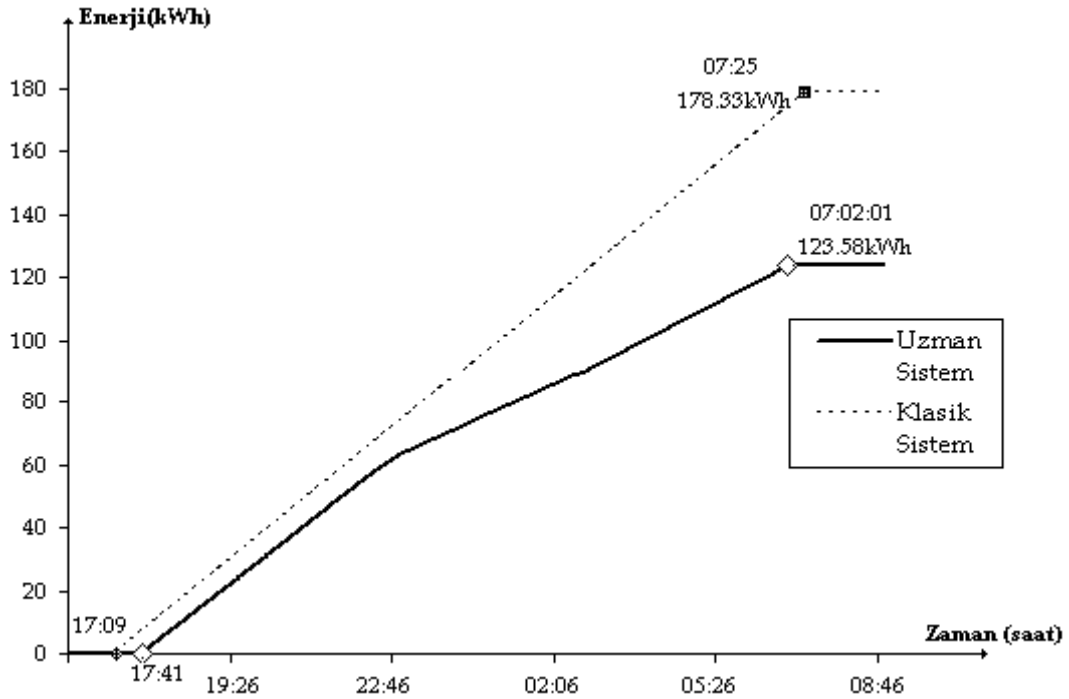
Şekil IV.1 Lamba Gruplarının Devreye Alındığı ve Çıkarıldığı Anlarda Aydınlık Düzeyinin Zamanla Değişimi (30.01.2007-31.01.2007)

MEGZUS GEZKİ fonksiyonunun kullanılması ile tüm lamba gruplarında tüketilen enerji miktarının ve aynı lamba gruplarının klasik sistemle devreye alındığı durumda tüketilecek enerji miktarlarının zamana bağlı değişimleri Şekil IV.3'de gösterilmiştir. Şekil IV.3'e göre karşılaştırma yapıldığında GEZKİ fonksiyonun kullanılmasıyla zamana bağlı tüketilen enerji miktarındaki azalma net görülmektedir.

Tablo IV.2 incelendiğinde ilk günde tüketilen enerji diğer günlere göre daha fazladır. HR lamba grubunun aktif olma süreleri kayıt edilememiştir. Yapılan gözlemlerde A-B ve B-C bloklarındaki sensörlerin önünde oluşan engeller sebebiyle HR lamba grupları sürekli aktif kalmıştır. Buna rağmen GEZKi fonksiyonu ile %30,70 tasarruf elde edilmiştir.



Şekil IV.2 A Blok SUR Lamba Grubu Akımının Zamana Bağlı Değişimi (30.01.2007-31.01.2007)

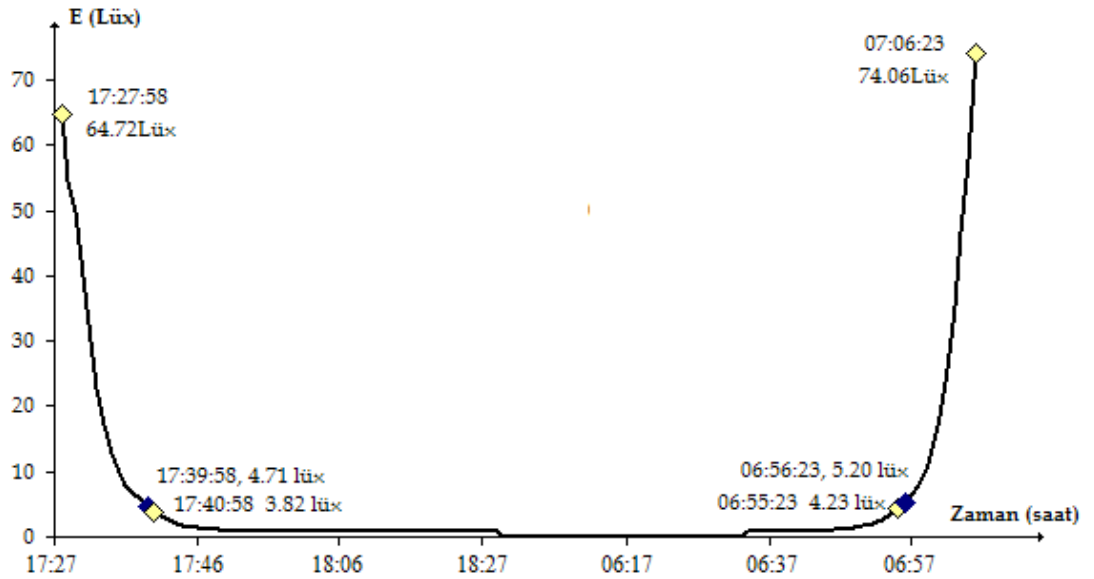


Şekil IV.3 Klasik Sistem ve GEZKİ'de Tüketilen Enerji Miktarının Zamanla Değişimi (30.01.2007-31.01.2007)

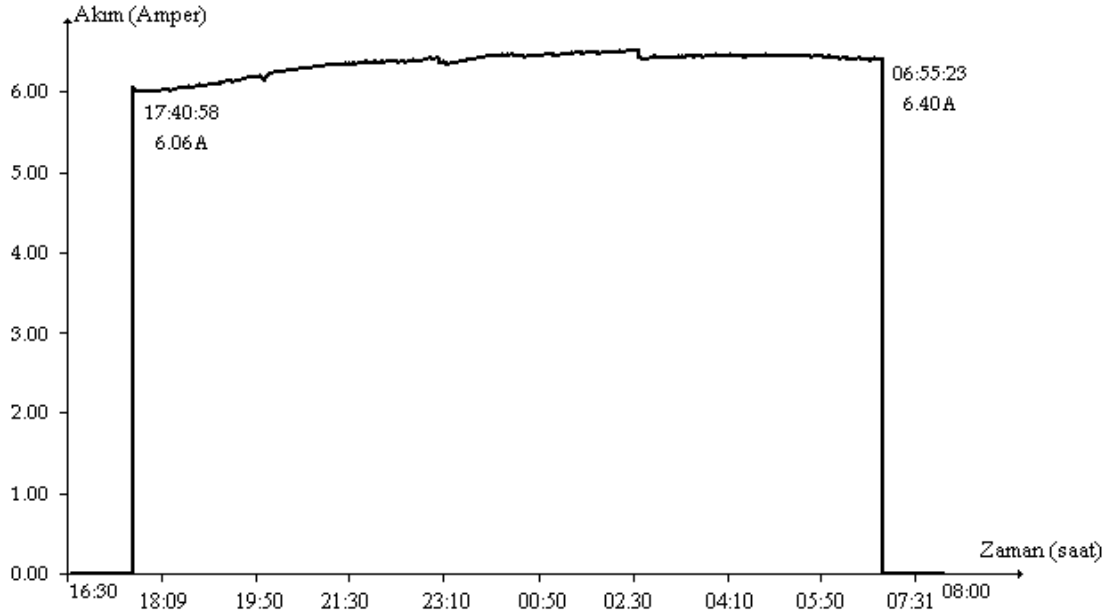
### İkinci Uygulama Günü:

MEGSUZ GEZKİ fonksiyonunun ikinci uygulandığı gün, lambaların devreye alındığı ve çıkarıldığı zamanlarda dış ortamdaki aydınlık düzeyinin zamanla değişimi Şekil IV.4'de görülmektedir. A blok SUR lamba grubunun da devreye alınması ve çıkarılmasının yaklaşık gerçek zamanları ve akımın zamana bağlı değişimi Şekil IV.5'de gösterilmektedir. Lamba grubunun devreye alınması ve devreden çıkarılması Şekil IV.4'de ki aydınlık düzeyi değerleri ile uyumludur.

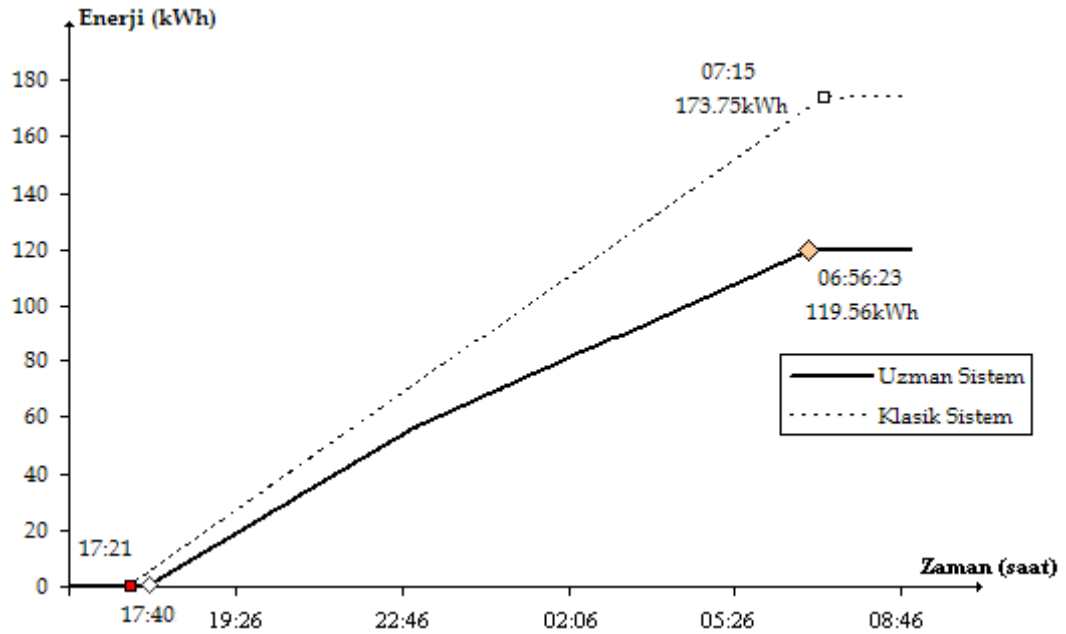
İkinci uygulama gününde, MEGZUS GEZKİ fonksiyonunun kullanılması ile tüm lamba gruplarında tüketilen enerji miktarının ve aynı lamba gruplarının klasik sistemle devreye alındığı durumda tüketilecek enerji miktarlarının zamana bağlı değişimleri Şekil IV.6'da gösterilmiştir. Şekil IV.6'da elde edilen grafiklere göre karşılaştırma yapıldığında GEZKİ fonksiyonun kullanılmasıyla zamana bağlı tüketilen enerji miktarındaki azalma net görülmektedir. Tablo IV.2'de ikinci uygulama gününde, HR lamba gruplarının aktif olma süreleri ve hareket sayısı görülmektedir. Yapılan gözlemde E bloktaki sensörde oluşan arıza sebebiyle HR lamba grubu sürekli aktif edilmiştir. Buna rağmen GEZKİ fonksiyonu ile %31,18 tasarruf elde edilmiştir.



Şekil IV.4 Lamba Gruplarının Devreye Alındığı ve Çıkarıldığı Anlarda Aydınlık Düzeyinin Zamanla Değişimi (31.01.2007-01.02.2007)



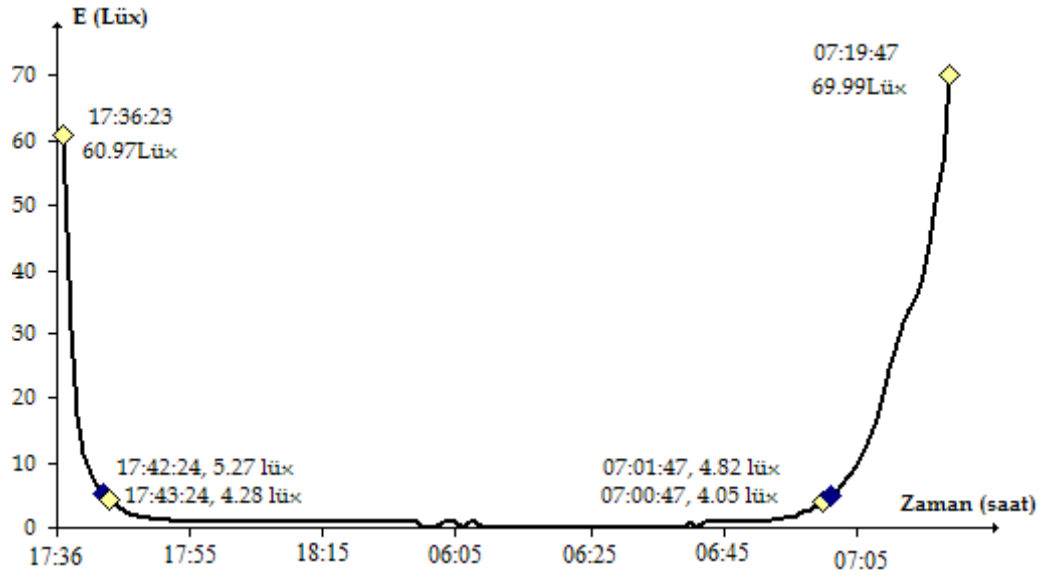
Şekil IV.5 A Blok SUR Lamba Grubu Akımının Zamana Bağlı Değişimi (31.01.2007-01.02.2007)



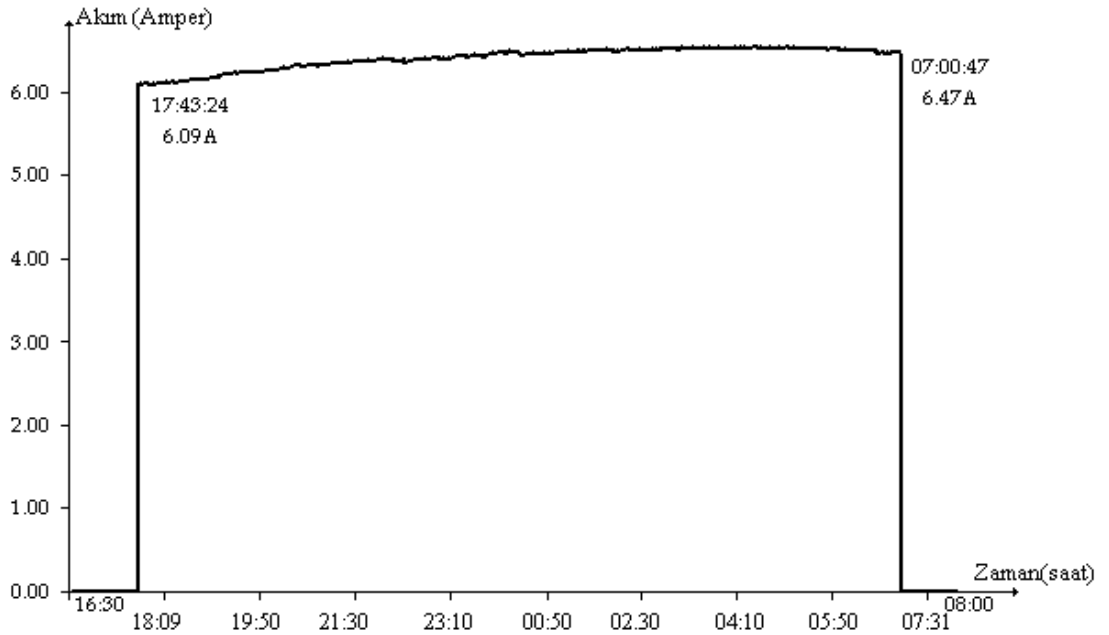
Şekil IV.6 Klasik Sistem ve GEZKİ’de Tüketilen Enerji Miktarının Zamanla Değişimi (31.01.2007-01.02.2007)

### Üçüncü Uygulama Günü:

Üçüncü uygulamada, lambaların devreye alındığı ve çıkarıldığı zamanlarda dış ortamdaki aydınlık düzeyinin zamanla değişimi Şekil IV.7’de görülmektedir. A blok SUR lamba grubunun devreye alınması ve çıkarılmasının yaklaşık gerçek zamanları ve akımın zamana bağlı değişimi Şekil IV.8’de gösterilmektedir.



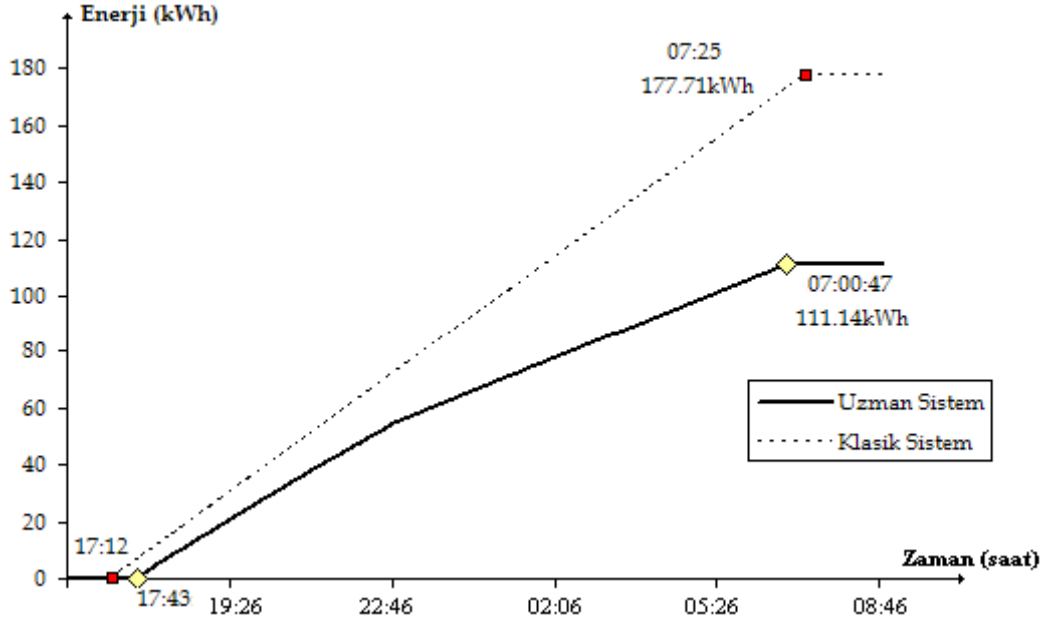
**Şekil IV.7 Lamba Gruplarının Devreye Alındığı ve Çıkarıldığı Anlarda Aydınlık Düzeyinin Zamanla Değişimi (01.02.2007-02.02.2007)**



**Şekil IV.8 A Blok SUR Lamba Grubu Akımının Zamana Bağlı Değişimi (01.02.2007-02.02.2007)**

MEGZUS GEZKİ fonksiyonunun kullanılması ile tüm lamba gruplarında tüketilen enerji miktarının ve aynı lamba gruplarının klasik sistemle devreye alındığı durumda tüketilecek enerji miktarlarının zamana bağlı değişimleri Şekil IV.9'da gösterilmiştir. Şekil IV.9 üzerinde karşılaştırma yapıldığında GEZKİ fonksiyonun kullanılmasıyla zamana bağlı tüketilen enerji miktarındaki azalma net görülmektedir. Tablo IV.2'de üçüncü uygulama gününde, HR lamba gruplarının aktif olma süreleri ve hareket sayısı görülmektedir. GEZKİ fonksiyonu ile yerleşkenin yoğun

kullanımına rağmen uygun düzeyde enerji tüketimi ile elde edilmiştir. Özellikle E blok HR lamba gruplarından istenen sonuçlar alınmıştır. Klasik sistem çalışma ile GEZKi fonksiyonu karşılaştırıldığında, GEZKi fonksiyonun kullanılması ile %37,45 tasarruf elde edilmiştir.



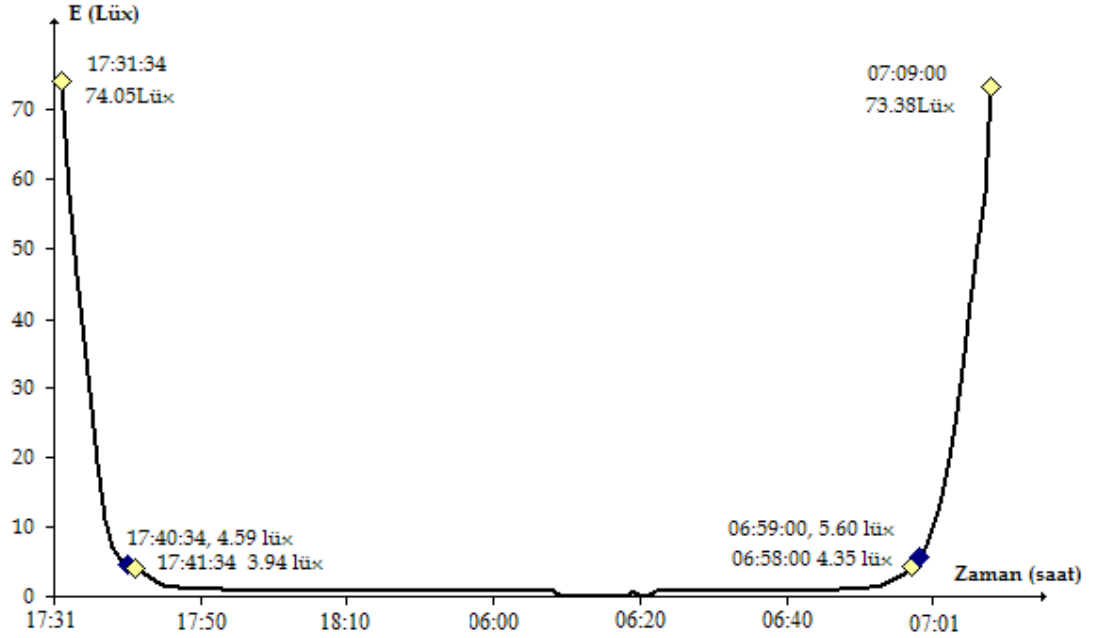
Şekil IV.9 Klasik Sistem ve GEZKİ'de Tüketilen Enerji Miktarının Zamanla Değişimi (01.02.2007-02.02.2007)

#### Dördüncü Uygulama Günü:

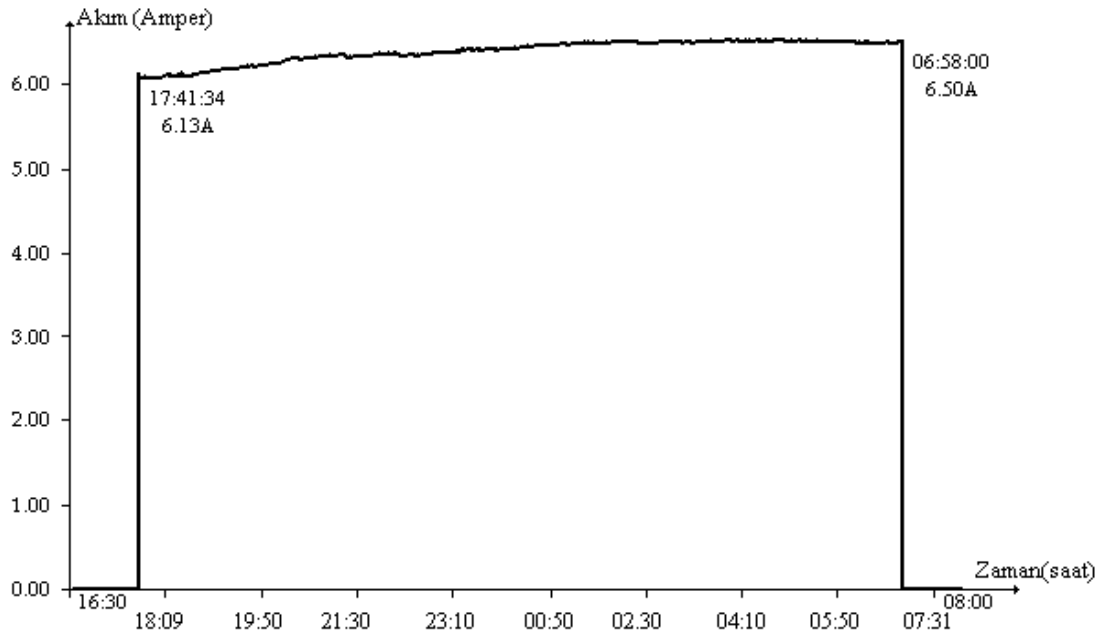
Uygulama aşamasında lambaların devreye alındığı ve çıkarıldığı zamanlarda dış ortamdaki aydınlık düzeyinin zamanla değişimi Şekil IV.10'da görülmektedir. Dördüncü uygulamada A blok SUR lamba grubunun devreye alınması ve çıkarılmasının yaklaşık gerçek zamanları ve akımın zamana bağlı değişimi Şekil IV.11'de gösterilmektedir. Lamba grubunun devreye alınması ve devreden çıkarılması Şekil IV.10'da ki aydınlık düzeyi değerleri ile uyumludur.

MEGZUS GEZKİ fonksiyonunun kullanılması ile tüm lamba gruplarında tüketilen enerji miktarının ve aynı lamba gruplarının klasik sistemle devreye alındığı durumda tüketilecek enerji miktarlarının zamana bağlı değişimleri Şekil IV.12'de gösterilmiştir. Şekil IV.12'ye göre karşılaştırma yapıldığında GEZKİ fonksiyonun kullanılmasıyla zamana bağlı tüketilen enerji miktarındaki azalma net görülmektedir. Tablo IV.2'de dördüncü güne ait veriler incelendiğinde HR lamba grubunun aktif olma süreleri ve hareket sayısı görülmektedir. Özellikle B-C blokları arasında tabloda açıklama kısmında belirtildiği gibi sensör önünde oluşan engeller sebebiyle

oldukça yüksek hareket sayısı tespit edilmiştir. Bu hareketlik lambaların yanma sürelerini etkilemiştir. Bu olumsuzluğa rağmen GEZKİ fonksiyonun kullanılması ile %33,21 tasarruf elde edilmiştir.

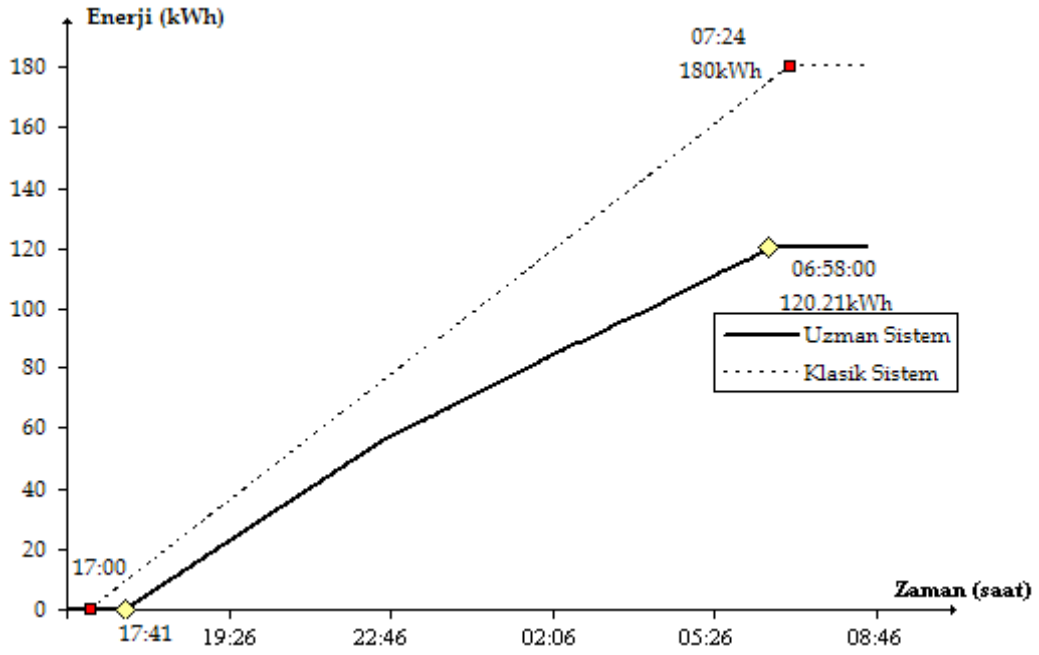


**Şekil IV.10 Lamba Gruplarının Devreye Alındığı ve Çıkarıldığı Anlarda Aydınlık Düzeyinin Zamanla Değişimi (02.02.2007-03.02.2007)**



**Şekil IV.11 A Blok SUR Lamba Grubu Akımının Zamana Bağlı Değişimi (02.02.2007-03.02.2007)**



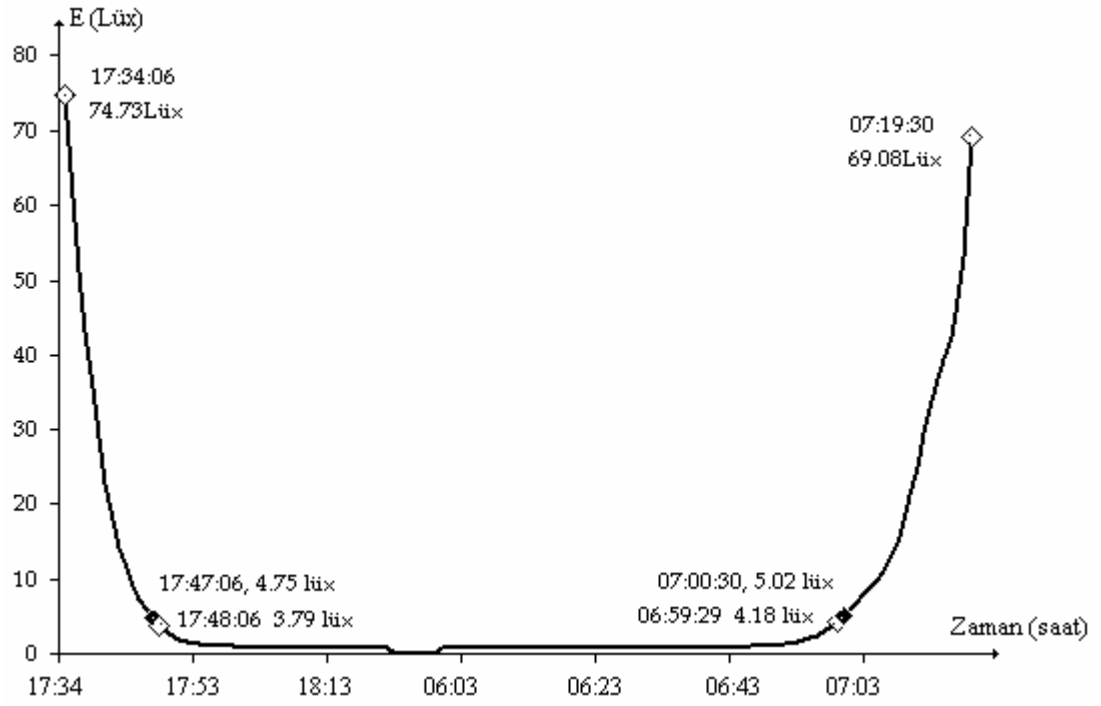


Şekil IV.12 Klasik Sistem ve GEZKİ’de Tüketilen Enerji Miktarının Zamanla Değişimi  
(02.02.2007-03.02.2007)

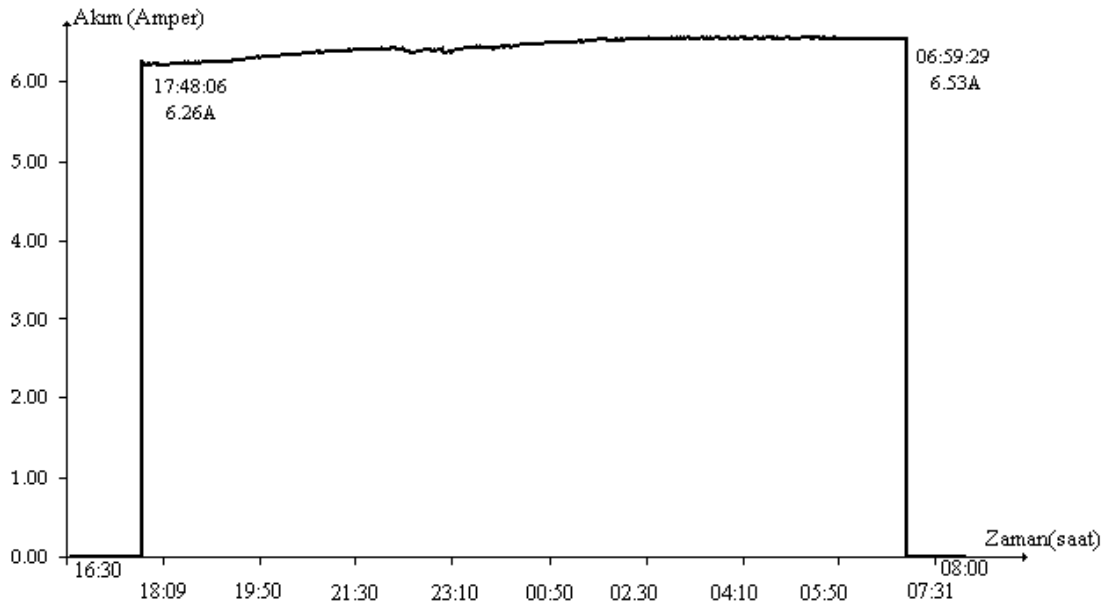
#### Beşinci Uygulama Günü:

Uygulama aşamasında lambaların devreye alındığı ve çıkarıldığı zamanlarda dış ortamdaki aydınlık düzeyinin zamanla değişimi Şekil IV.13’de görülmektedir. Beşinci uygulamada A blok SUR lamba grubunun devreye alınması ve çıkarılmasının yaklaşık gerçek zamanları ve akımın zamana bağlı değişimi Şekil IV.14’de gösterilmektedir. Lamba grubunun devreye alınması ve devreden çıkarılması Şekil IV.13’de ki aydınlık düzeyi değerleri ile uyumludur.

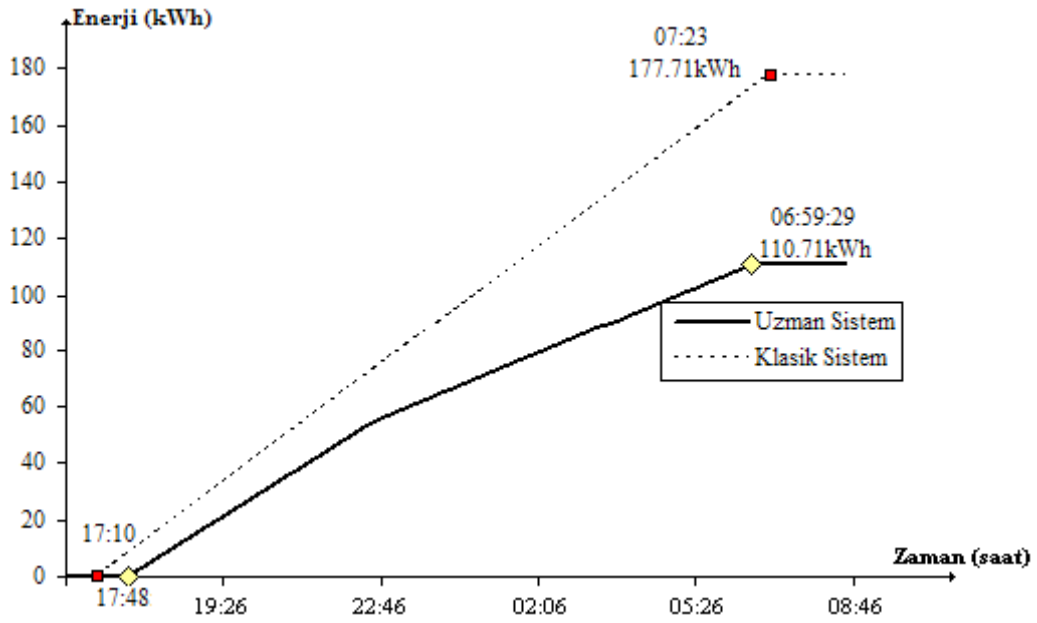
Beşinci uygulama gününde, MEGZUS GEZKİ fonksiyonunun kullanılması ile tüm lamba gruplarında tüketilen enerji miktarının ve aynı lamba gruplarının klasik sistemle devreye alındığı durumda tüketilecek enerji miktarlarının zamana bağlı değişimleri Şekil IV.15’de gösterilmiştir. Şekil IV.15’e göre karşılaştırma yapıldığında GEZKİ fonksiyonunun kullanılmasıyla zamana bağlı tüketilen enerji miktarındaki azalma net görülmektedir. Tablo IV.2’de beşinci güne ait veriler incelendiğinde; E blokta ise her hangi bir sorun yaşanmamış A-B blokları arası ise sensörün önünde oluşan engel HR lamba gruplarının yanma süresini etkilemiştir. Bu olumsuzluğa rağmen GEZKİ fonksiyonunun kullanılması ile %37,70 ve beş günlük okul dönemi çalışma şekli sonunda ortalama %34,04 tasarruf elde edilmiştir.



**Şekil IV.13 Lamba Gruplarının Devreye Alındığı ve Çıkarıldığı Anlarda Aydınlık Düzeyinin Zamanla Değişimi (03.02.2007-04.02.2007)**



**Şekil IV.14 A Blok SUR Lamba Grubu Akımının Zamana Bağlı Değişimi (03.02.2007-04.02.2007)**

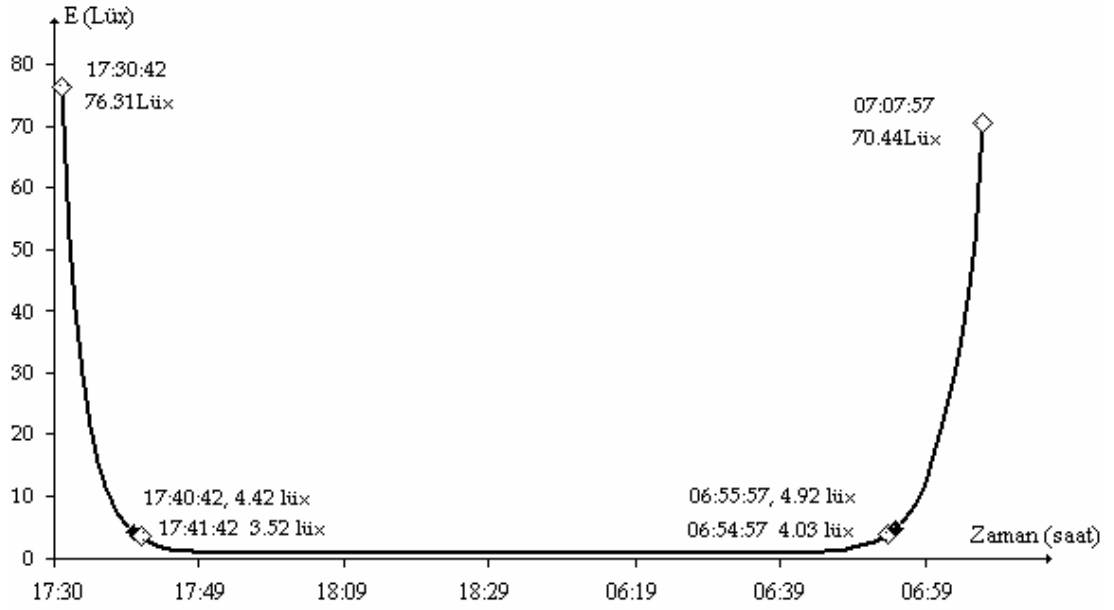


Şekil IV.15 Klasik Sistem ve GEZKİ’de Tüketilen Enerji Miktarının Zamanla Değişimi  
(03.02.2007-04.02.2007)

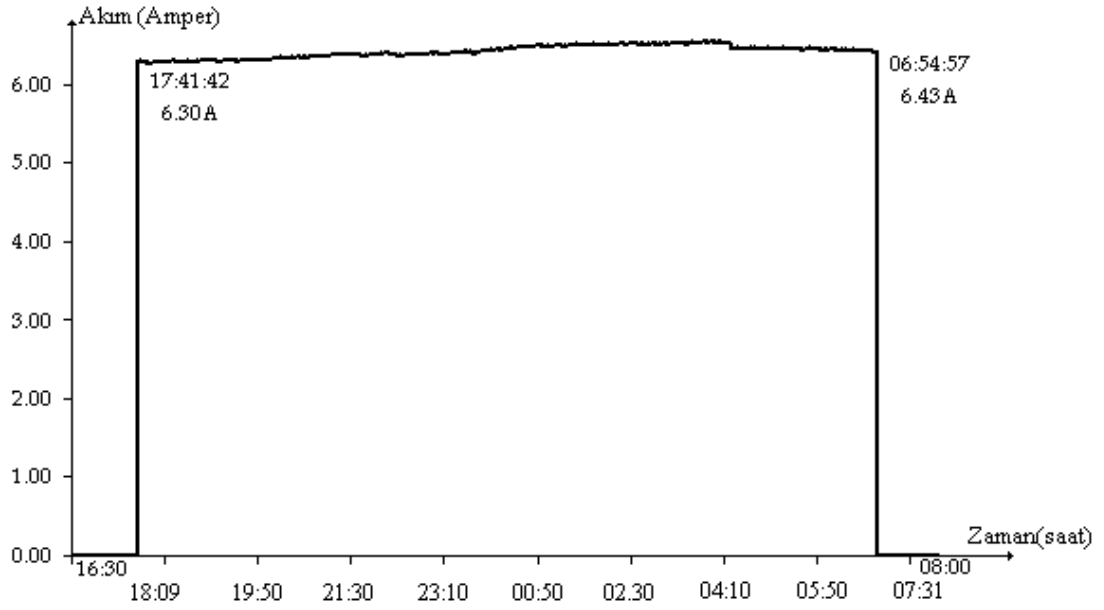
#### Altıncı Uygulama Günü:

MEGSUZ GEZKİ fonksiyonunun altıncı uygulama gününde ilk beş günden farklı olarak 23 lamba grubu için hafta sonu çalışma şekli seçilmiştir. Hafta sonu çalışma şeklinde, 23 lamba grubu yerleşkenin kullanım oranına uygun olarak sadece Pazar günleri çalıştırılmaz. Altıncı günde lambaların devreye alındığı ve çıkarıldığı zamanlarda dış ortamdaki aydınlık düzeyinin zamanla değişimi Şekil IV.16’de görülmektedir. A blok SUR lamba grubunun devreye alınması ve çıkarılmasının yaklaşık gerçek zamanları ve akımın zamana bağlı değişimi Şekil IV.17’de gösterilmektedir. Lamba grubunu devreye alınması ve devreden çıkarılması Şekil IV.16’da ki aydınlık düzeyi değerleri ile uyumludur.

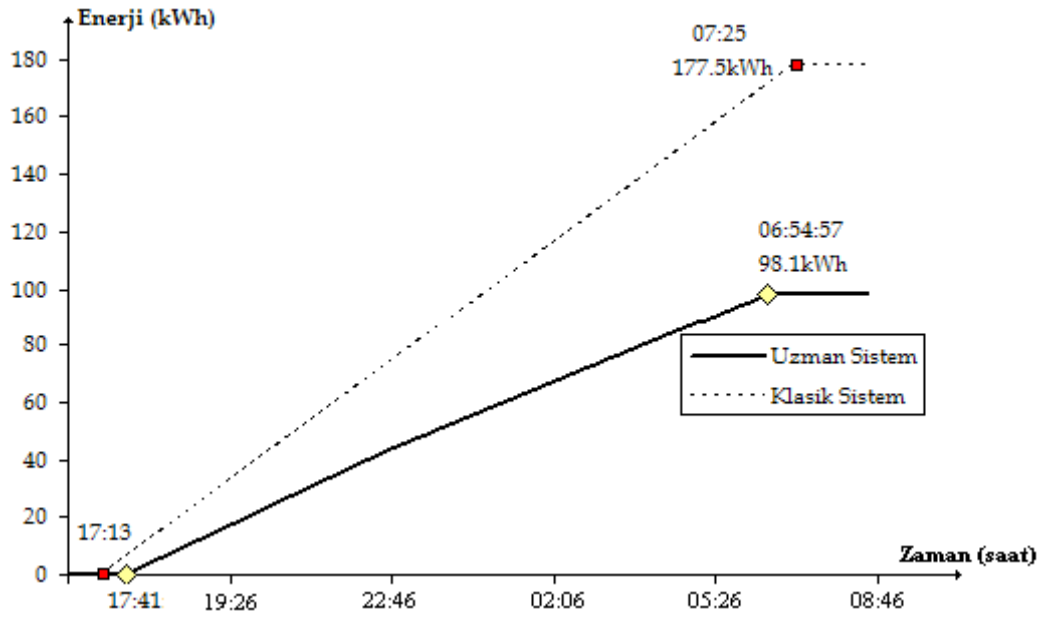
MEGZUS GEZKİ fonksiyonunun kullanılması ile tüm lamba gruplarında tüketilen enerji miktarının ve aynı lamba gruplarının klasik sistemle devreye alındığı durumda tüketilecek enerji miktarlarının zamana bağlı değişimleri Şekil IV.18’de gösterilmiştir. Şekil IV.18’e göre karşılaştırma yapıldığında GEZKİ fonksiyonun kullanılmasıyla zamana bağlı tüketilen enerji miktarındaki azalma net görülmektedir. Tablo IV.2’de altıncı güne ait veriler incelendiğinde, A-B blok arası oluşan engel HR lamba grubunun aktif kalma süresini etkilemiştir. Hafta sonu çalışma şekline göre GEZKİ fonksiyonun kullanılması ile %44,72 tasarruf elde edilmiştir.



**Şekil IV.16 Lamba Gruplarının Devreye Alındığı ve Çıkarıldığı Anlarda Aydınlık Düzeyinin Zamanla Değişimi (04.02.2007-05.02.2007)**



**Şekil IV.17 A Blok SUR Lamba Grubu Akımının Zamana Bağlı Değişimi (04.02.2007-05.02.2007)**



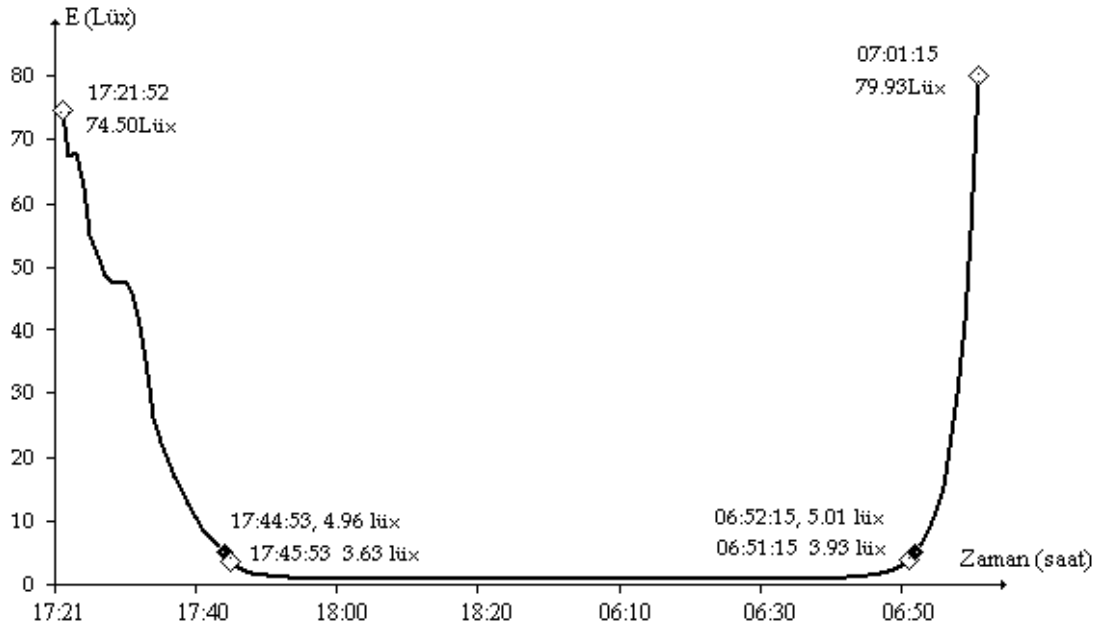
Şekil IV.18 Klasik Sistem ve GEZKİ’de Tüketilen Enerji Miktarının Zamanla Değişimi  
(04.02.2007-05.02.2007)

#### Yedinci Uygulama Günü:

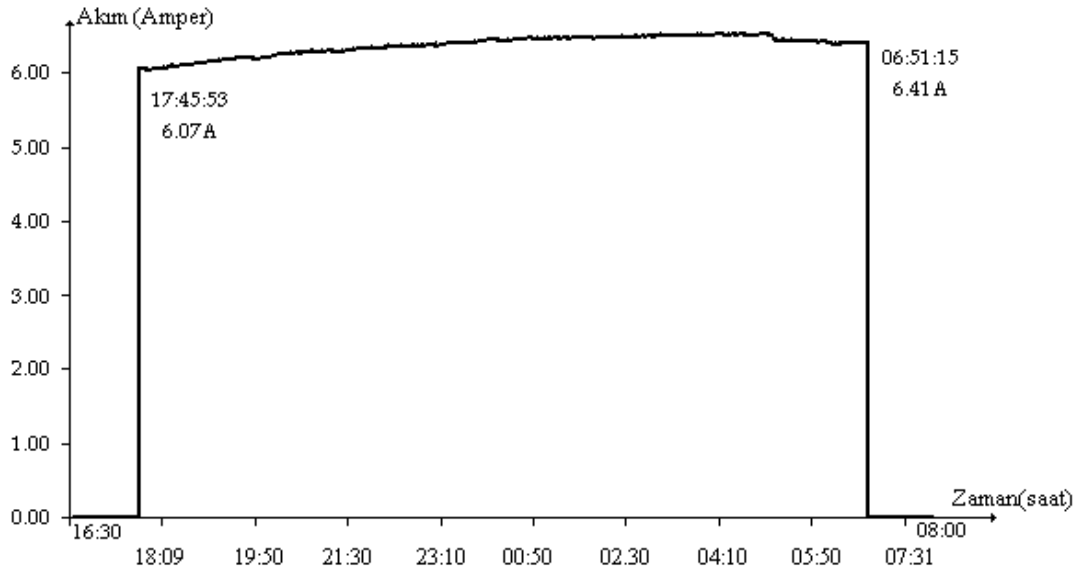
MEGSUZ GEZKİ fonksiyonunun yedinci uygulama gününde 23 lamba grubu için resmi tatil veya yaz dönemi adı verilen çalışma şekli seçilmiştir. Bu dönemdeki çalışma şeklinde, yerleşkenin kullanım oranı düşük olduğu için 23 lamba grupları devreye alınmamıştır.

Yedinci günde lambaların devreye alındığı ve çıkarıldığı zamanlarda dış ortamdaki aydınlık düzeyinin zamanla değişimi Şekil IV.19’da görülmektedir. A blok SUR lamba grubunun devreye alınması ve çıkarılmasının yaklaşık gerçek zamanları ve akımın zamana bağlı değişimi Şekil IV.20’de gösterilmektedir. Lamba grubunun devreye alınması ve devreden çıkarılması Şekil IV.19’da ki aydınlık düzeyi değerleri ile uyumludur.

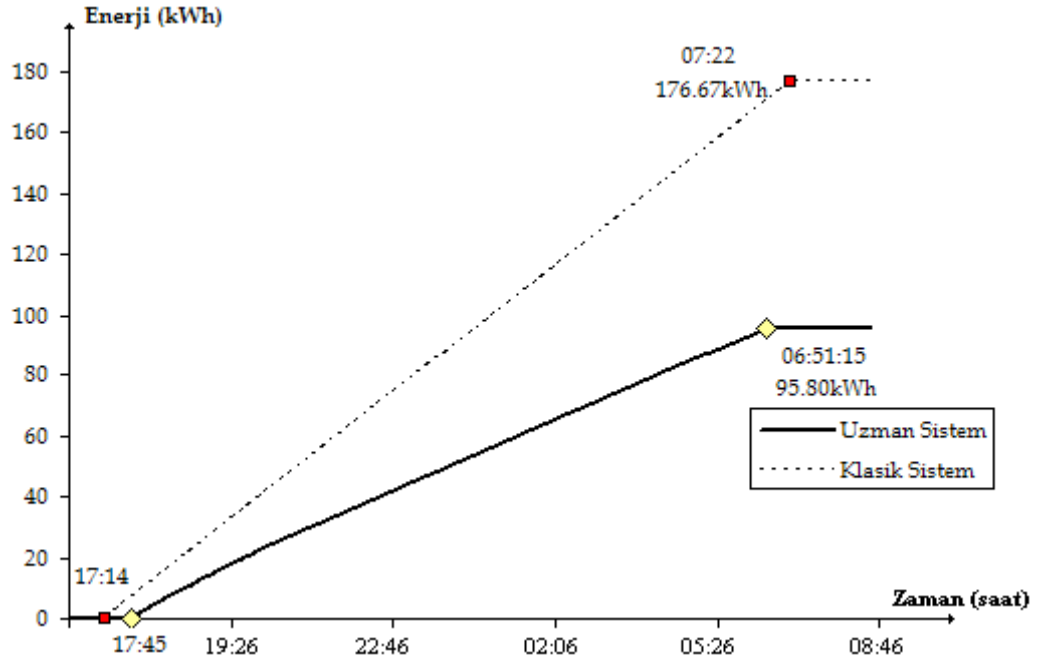
MEGSUZ GEZKİ fonksiyonunun kullanılması ile tüm lamba gruplarında tüketilen enerji miktarının ve aynı lamba gruplarının klasik sistemle devreye alındığı durumda tüketilecek enerji miktarlarının zamana bağlı değişimleri Şekil IV.21’de gösterilmiştir. Şekil IV.21’de ki grafiklere göre karşılaştırma yapıldığında GEZKİ fonksiyonun kullanılmasıyla zamana bağlı tüketilen enerji miktarındaki azalma net görülmektedir. Tablo IV.2’de yedinci güne ait veriler incelendiğinde, resmi tatil/yaz dönemi çalışma şekline göre GEZKİ fonksiyonun kullanılması ile %45.77 tasarruf elde edilmiştir.



**Şekil IV.19 Lamba Gruplarının Devreye Alındığı ve Çıkarıldığı Anlarda Aydınlık Düzeyinin Zamanla Değişimi (05.02.2007-06.02.2007)**

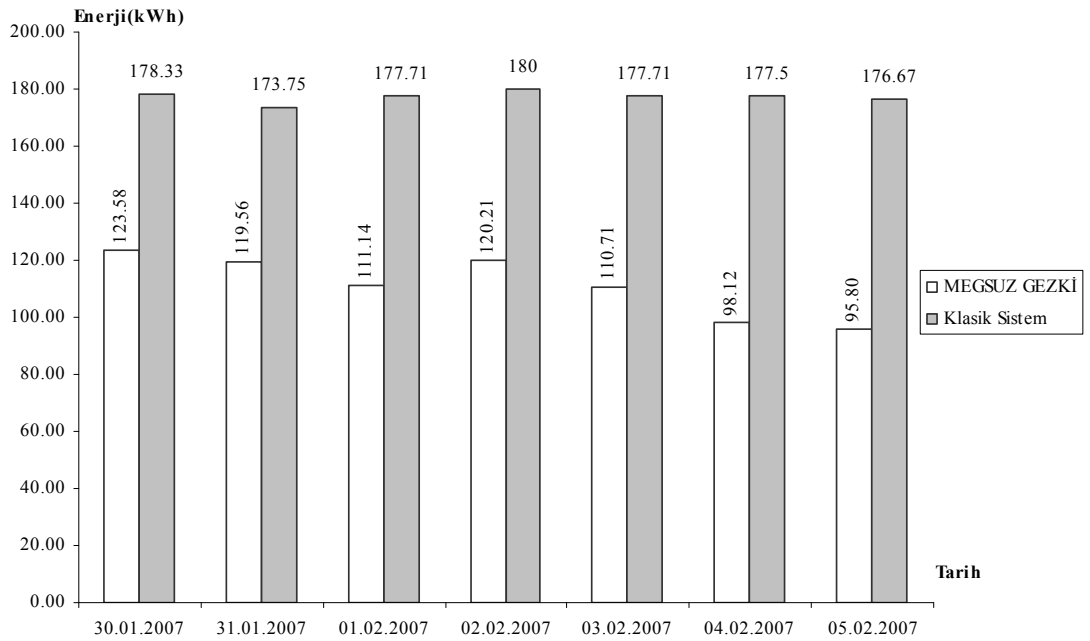


**Şekil IV.20 A Blok SUR Lamba Grubu Akımının Zamana Bağlı Değişimi (05.02.2007-06.02.2007)**



Şekil IV.21 Klasik Sistem ve GEZKİ’de Tüketilen Enerji Miktarının Zamanla Değişimi (05.02.2007-06.02.2007)

MEGSUZ GEZKİ fonksiyonunun lamba gruplarının kontrolünde yedi günlük uygulama safhasında azımsanmayacak enerji tasarrufu elde edilmiştir. Şekil IV.22’de yedi günlük GEZKİ uygulamasında günlük tüketilen enerji miktarının ve aynı lamba grupları klasik sistem ile çalışması durumunda günlük tüketilen enerji miktarlarının karşılaştırılması grafik şeklinde görülmektedir.



Şekil IV.22 Klasik Sistem ve GEZKİ’de Yedi Günlük Tüketilen Enerji Miktarları

DAKS'da GEZKİ fonksiyonunda 23 ve HR lamba gruplarının da SUR lamba grubu ile birlikte çalıştığı kabul edilirse yedi günlük enerji tüketimi ve elde edilecek enerji tasarrufu miktarları Tablo IV.3'de görülmektedir. Tablo IV.3'de görüldüğü gibi GEZKİ fonksiyonu yine klasik sistem ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonunda ortalama %6,73 tasarruf elde edilmiştir. Bu sonuç; GEZKİ fonksiyonu ile lamba gruplarının en uygun zamanda devreye alındığını ve devreden çıkarıldığını göstermektedir.

**Tablo IV.3 GEZKİ Fonksiyonunda 23 ve HR Lamba Gruplarının SUR Lamba Grubu ile Birlikte Çalıştığı Durumda, Klasik Sistem Çalışma Şekli ile Karşılaştırma**

| Tarih      | MEGZUS GEZKİ<br>(Lambaların devreye<br>giriş -çıkış zamanları) | Klasik Sistem<br>(Lambaların devreye<br>giriş -çıkış zamanları) | MEGZUS<br>GEZKİ<br>( kWh) | Klasik<br>Sistem (KS)<br>(kWh) | Fark kWh<br>(GEZKİ-KS) | %<br>Tasarruf |
|------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------|---------------|
| 30.01.2007 | 17:41 - 07:01                                                  | 17:09 - 07:25                                                   | 166.66                    | 178.33                         | -11.67                 | 6.5440        |
| 31.01.2007 | 17:40 - 06:55                                                  | 17:21 - 07:15                                                   | 165.62                    | 173.75                         | -8.13                  | 4.6791        |
| 01.02.2007 | 17:43 - 07:00                                                  | 17:12 - 07:25                                                   | 166.04                    | 177.71                         | -11.67                 | 6.5669        |
| 02.02.2007 | 17:41 - 06:58                                                  | 17:00 - 07:24                                                   | 166.04                    | 180                            | -13.96                 | 7.7556        |
| 03.02.2007 | 17:48 - 06:59                                                  | 17:10 - 07:23                                                   | 164.79                    | 177.71                         | -12.92                 | 7.2703        |
| 04.02.2007 | 17:41 - 06:54                                                  | 17:13 - 07:25                                                   | 165.13                    | 177.5                          | -12.37                 | 6.9690        |
| 05.02.2007 | 17:45 - 06:51                                                  | 17:14 - 07:22                                                   | 163.75                    | 176.67                         | -12.92                 | 7.3131        |

GEZKİ fonksiyonunda; SUR ve HR lamba grubunun çalışma biçimlerinin değişmediği, 23 lamba grubunun ise SUR lamba grubu ile birlikte çalıştığı kabul edilirse yedi günlük enerji tüketimi ve elde edilecek enerji tasarrufu miktarları Tablo IV.4'de görülmektedir. Tablo IV.4'de görüldüğü gibi GEZKİ fonksiyonu yine klasik sistem ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonunda ortalama %24,66 tasarruf elde edilmiştir. Bu değerin daha yüksek çıkması, özellikle HR lamba grubunun bulunduğu bölgelerde sensörlerin önünde oluşan engellerin oluşmamasına bağlıdır. Tablo IV.2'de uygulama esnasında oluşan engeller, açıklama bölümünde görülmektedir. Tablo IV.3 ve Tablo IV.4'de ki tasarruf değerleri incelendiğinde, lamba gruplarının en uygun zamanda devreye alınması ve devreden çıkarılması dışında HR lamba gruplarının enerji tüketimine etkisi görülmektedir.



**Tablo IV.4 GEZKİ Fonksiyonunda 23 Lamba Grubunun SUR Lamba Grubu ile Birlikte Çalıştığı Durumda, Klasik Sistem Çalışma Şekli ile Karşılaştırma**

| Tarih      | MEGZUS GEZKİ<br>(Sistemin devreye<br>giriş -çıkış zamanları) | Klasik Sistem<br>(Sistemin devreye<br>giriş -çıkış<br>zamanları) | MEGZUS<br>GEZKİ<br>( kWh) | Klasik<br>Sistem (KS)<br>(kWh) | Fark kWh<br>(GEZKİ-KS) | %<br>Tasarruf |
|------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------|---------------|
| 30.01.2007 | 17:41 - 07:01                                                | 17:09 - 07:25                                                    | *                         | 178.33                         | -                      | -             |
| 31.01.2007 | 17:40 - 06:55                                                | 17:21 - 07:15                                                    | 139.25                    | 173.75                         | -34.50                 | 19.8561       |
| 01.02.2007 | 17:43 - 07:00                                                | 17:12 - 07:25                                                    | 130.15                    | 177.71                         | -47.56                 | 26.7627       |
| 02.02.2007 | 17:41 - 06:58                                                | 17:00 - 07:24                                                    | 142.65                    | 180                            | -37.35                 | 20.7500       |
| 03.02.2007 | 17:48 - 06:59                                                | 17:10 - 07:23                                                    | 130.46                    | 177.71                         | -47.25                 | 26.5883       |
| 04.02.2007 | 17:41 - 06:54                                                | 17:13 - 07:25                                                    | 130.13                    | 177.5                          | -47.37                 | 26.6873       |
| 05.02.2007 | 17:45 - 06:51                                                | 17:14 - 07:22                                                    | 128.32                    | 176.67                         | -48.35                 | 27.3674       |

\* : Değer alınmadı.

Uzman sistem yardımı ile enerji tüketimi en uygun düzeyde tutulmuş ve ekran üzerinde lamba gruplarının devrede olup olmadıkları MEGSUZ ekranında GEZKİ için hazırlanan pencereden izlenmiştir. Aktif durumdaki MEGSUZ ekranı Şekil IV.23’de görülmektedir.

GEZKİ penceresinde lamba gruplarının durumları izlenmektedir. Şekil IV.23’de o anda A blok SUR lamba grubunun aktif olduğu görülmektedir. Her bloktaki SUR lamba grubu için hesaplanan GK’lar *lamba gruplarının durumları* başlığının en altında görülmektedir. A blok SUR lamba grubu için akım bilgisinin de değerlendirmeye anılmasından dolayı GK değeri (0,46) diğerlerinden yüksektir.

Ayrıca gerçek zaman ve gün ışığı arasındaki ilişki izlenmektedir. Şekil IV.23’de GEZKİ penceresinde *güneş pili normal çalışıyor* ifadesi gerçek zaman ve gün ışığı arasında uyum olduğunu göstermektedir. Bu durumun GK’sı GEZKİ penceresinin sağ üst köşesinde görülmektedir. Zaman ve gün ışığının uyumlu olmadığı durumlarda *gün ışığı çok düşük fakat zaman uygun değil* ve *zaman uygun fakat gün ışığı çok yüksek* ifadeleri pencerede görülür.



#### IV.1.1.1. GEZKİ Fonksiyonunda Maliyet

GEZKİ fonksiyonunun kullanılması ile kurumun azalan gideri Tablo IV.5’de görülmektedir. Tüketim bedeli fiyatlarına vergi katılmamıştır. Elektrik enerjisi birim fiyatı olarak aktif enerji tek zamanlı tarifesine göre 0,10714 YTL/kWh alınmıştır [134]. Tablo IV.5’de görüldüğü gibi okul dönemi çalışma şeklinde %34,04 tasarruf elde edilmiştir. Tablo IV.5’de (-) işaret azalan miktarı göstermektedir.

**Tablo IV.5 MEGSUZ GEZKİ Fonksiyonu Uygulaması ile Klasik Sistem Elektrik Enerjisi Tüketim Bedellerinin Karşılaştırılması**

| Tarih                                                    | Aktif Sistem      | Kurulu Güç (kW) | Tüketim miktarı (kWh) | Birim fiyat (YTL/Kwh) | Tüketim bedeli (YTL) | Kurumun Azalan Gideri (GEZKİ-KS) (YTL) |
|----------------------------------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------------------------|
| 30.01.2007                                               | MEGSUZ GEZKİ      | 12.5            | 123.58                | 0.10174               | 12.57                | -5.57                                  |
|                                                          | Klasik Sistem(KS) | 12.5            | 178.33                | 0.10174               | 18.14                |                                        |
| 31.01.2007                                               | MEGSUZ GEZKİ      | 12.5            | 119.56                | 0.10174               | 12.16                | -5.51                                  |
|                                                          | Klasik Sistem(KS) | 12.5            | 173.75                | 0.10174               | 17.68                |                                        |
| 01.02.2007                                               | MEGSUZ GEZKİ      | 12.5            | 111.14                | 0.10174               | 11.31                | -6.77                                  |
|                                                          | Klasik Sistem(KS) | 12.5            | 177.71                | 0.10174               | 18.08                |                                        |
| 02.02.2007                                               | MEGSUZ GEZKİ      | 12.5            | 120.21                | 0.10174               | 12.23                | -6.08                                  |
|                                                          | Klasik Sistem(KS) | 12.5            | 180                   | 0.10174               | 18.31                |                                        |
| 03.02.2007                                               | MEGSUZ GEZKİ      | 12.5            | 110.71                | 0.10174               | 11.26                | -6.82                                  |
|                                                          | Klasik Sistem(KS) | 12.5            | 177.71                | 0.10174               | 18.08                |                                        |
| 04.02.2007                                               | MEGSUZ GEZKİ      | 12.5            | 98.12                 | 0.10174               | 9.98                 | -8.08                                  |
|                                                          | Klasik Sistem(KS) | 12.5            | 177.5                 | 0.10174               | 18.06                |                                        |
| 05.02.2008                                               | MEGSUZ GEZKİ      | 12.5            | 95.8                  | 0.10174               | 9.75                 | -8.23                                  |
|                                                          | Klasik Sistem(KS) | 12.5            | 176.67                | 0.10174               | 17.97                |                                        |
| GEZKİ fonksiyonu uygulama aşamasında Toplam Azalan Gider |                   |                 |                       |                       |                      | -47.06                                 |

Bir aydınlatma sisteminin kurulduğu kuruma maliyetini bulmak için TM (toplam maliyeti) hesaplanır. Toplam maliyetinin bulunmasında Denklem IV.1 kullanılır.

$$TM = İYM + YTB + DBM \quad (IV.1)$$

TM : Toplam maliyet (YTL)

İYM : İlk yatırım maliyeti (YTL)

YTB : Yıllık tüketim bedeli (YTL)

DBM : Değişim ve bakım maliyeti (YTL)

Denklem IV.1’de ki yıllık tüketim bedeli Denklem IV.2 ile hesaplanır.

$$YTB = n \cdot t_2 \cdot f \cdot P_L \quad (IV.2)$$

- YTB : Yıllık tüketim bedeli (YTL)  
n : Lamba sayısı  
t<sub>2</sub> : Bir lambanın yıllık çalışma süresi (saat)  
f : Elektrik enerjisi birim fiyatı (YTL/kWh)  
P<sub>L</sub> : Bir lamba gücü (Watt)

Denklem IV.1’de ki değişim ve bakım maliyetinin bulunmasında Denklem IV.3 kullanılır.

$$DBM=n.(t_2/t_1).(K_1+K_2) \quad (IV.3)$$

- DBM : Yıllık tüketim bedeli (YTL)  
n : Lamba sayısı  
t<sub>2</sub> : Bir lambanın yıllık çalışma süresi (saat)  
t<sub>1</sub> : Lamba ömrü (saat)  
K<sub>1</sub> : Lamba birim fiyatı (YTL)  
K<sub>2</sub> : Lamba birim değiştirme ve bakım maliyeti (YTL)

Kurumun, GEZKİ fonksiyonu kullanarak, YTB ve DBM’de elde edeceği gider azalması Tablo IV.6’da verilmektedir. Birim fiyatların bir yıl boyunca sabit olduğu kabul edilmiştir. Kurumun, GEZKİ fonksiyonun çalışmasıyla, YTB ve DBM’de tahmini yıllık 2233 YTL kazancı olacaktır. Tablo IV.6’da (-) işaret azalan miktarı göstermektedir.

**Tablo IV.6 Aydınlatma Sistemlerinin Tahmini Yıllık Tüketim Bedeli ve Yıllık Değişim-Bakım Maliyeti**

| Simge          | Tanım                                    | Birim   | Klasik Sistem | MEGSUZ GEZKİ | Kurumun Azalan Gideri* |
|----------------|------------------------------------------|---------|---------------|--------------|------------------------|
| K <sub>1</sub> | Lamba birim fiyatı**                     | YTL     | 6.00          | 6.00         |                        |
| K <sub>2</sub> | Lamba birim değiştirme ve bakım maliyeti | YTL     | 3.00          | 3.00         |                        |
| n              | Lamba sayısı                             | adet    | 25            | 25           |                        |
| P <sub>L</sub> | Bir Lamba gücü                           | Watt    | 500           | 500          |                        |
| t <sub>1</sub> | Lamba ömrü                               | saat    | 2000          | 2000         |                        |
| t <sub>2</sub> | Bir lambanın yıllık çalışma süresi       | saat    | 4389          | 2896***      |                        |
| f              | Elektrik enerjisi birim fiyatı           | YTL/kWh | 0.10174       | 0.10174      |                        |
| YTB            | Yıllık tüketim bedeli                    | YTL     | 5582.47       | 3561.69      | -2020.78               |
| DBM            | Yıllık değişim ve bakım maliyeti         | YTL     | 493.94        | 281.45       | -212.49                |
|                | YTB+DBM                                  | YTL     | 6076.41       | 3843.14      | -2233.27               |

\*: GEZKİ - Klasik Sistem

\*\*· 500W halojen lamba

\*\*\*:SUR lamba gruplarındaki bir lambanın çalışma süresi

Tablo IV.7’de DAKS’ın ilk yatırım maliyetinin kaç yılda karşılanabileceği tahmini hesaplanmıştır. Tablo IV.7’de, ilk yıl için Tablo IV.6’daki sonuçlar alınmıştır. Birim fiyatlarda yıllık %6 artış olabileceği kabul edilmiştir. Altı yıl sonunda, sistemin yıllık %6’lık artışa göre 2.077 YTL kâr edeceği tahmin edilmektedir. Şekil IV.24’de birim fiyatlarda yıllık %6 artışa göre TM’nin altı yıllık değişimi görülmektedir. MEGSUZ GEZKİ sadece Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi dış aydınlatmasının kontrolü için değil tüm kampus için uygulandığı takdirde sistemin çok daha kısa bir sürede kâr edebileceği tahmin edilmektedir. Tablo IV.7’da (-) işaret azalan miktarı göstermektedir.

**Tablo IV.7 Aydınlatma Sistemlerinin Tahmini Altı Yıllık Toplam Maliyeti**

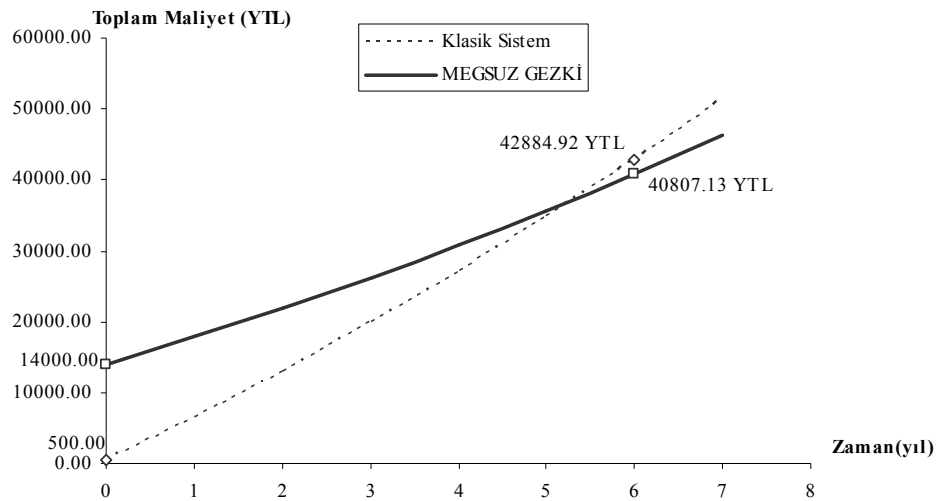
| Simge | Tanım                             | Birim | Klasik Sistem | MEGSUZ GEZKİ | Kurumun Azalan Gideri* |
|-------|-----------------------------------|-------|---------------|--------------|------------------------|
| YTB   | İlk yıl tüketim bedeli            | YTL   | 5582.47       | 3561.69      | -2020.78               |
| DBM   | İlk yıl değişim ve bakım maliyeti | YTL   | 493.94        | 281.45       | -212.49                |
| İYT   | İlk yatırım maliyeti**            | YTL   | 500.00        | 14000.00     | 13500.00               |
| TM    | Bir yıllık (İYT+YTB+DBM)          | YTL   | 6576.41       | 17843.14     | 11266.73               |
| TM    | İki yıllık*** (İYT+YTB+DBM)       | YTL   | 13017.41      | 21916.87     | 8899.46                |
| TM    | Üç yıllık*** (İYT+YTB+DBM)        | YTL   | 19844.87      | 26235.02     | 6390.15                |
| TM    | Dört yıllık*** (İYT+YTB+DBM)      | YTL   | 27081.98      | 30812.26     | 3730.28                |
| TM    | Beş yıllık*** (İYT+YTB+DBM)       | YTL   | 34753.31      | 35664.14     | 910.83                 |
| TM    | Altı yıllık*** (İYT+YTB+DBM)      | YTL   | 42884.92      | 40807.13     | -2077.79               |

\* : GEZKİ - Klasik Sistem

\*\* : Her iki sistem ilk kurulumunda; kablo, armatür, lamba ve montaj aksesuarları ortak olduğundan bu masraflar dahil edilmemiştir.

\*\*\* : Birim fiyatlarda yıllık %6 artış olabileceği kabul edilmiştir.

\*\*\* :SUR lamba gruplarındaki bir lambanın çalışma süresi

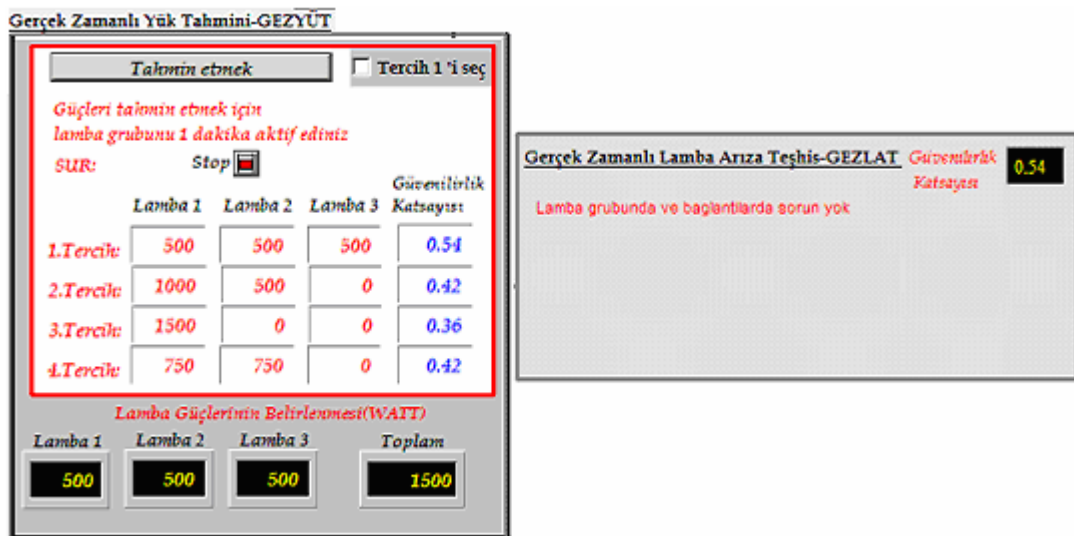


**Şekil IV.24 Aydınlatma Sistemlerinde Altı Yıllık Tahmini Toplam Maliyetin Değişimi**

#### IV.1.2. GEZYÜT ve GEZLAT Fonksiyonları

MEGSUZ için hazırlanan ekranında, gerçek zamanlı A blok SUR lamba grubuna bağlı olan lamba güçlerini tahmin etmek için GEZYÜT penceresi ve aynı lamba grubunda lamba arızalarını tespit etmek için GEZLAT penceresi Şekil IV.23 de görülmektedir. GEZLAT fonksiyonu istenen performansta çalışması için öncelikle GEZYÜT fonksiyonunda lamba güçlerinin belirlenmesi gerekir. GEZYÜT fonksiyonunda lamba güçleri, A blok SUR lamba grubundan geçen toplam akıma göre tahmin yoluyla veya kullanıcı tarafından listeden seçilerek bulunur.

Şekil IV.25'de GEZYÜT için US tarafından üretilen ön tahmin lamba güçleri ve bu güç değerleri içinde kullanıcı tarafından seçilen değerler görülmektedir. Kullanıcının tercih ettiği güçlere göre GEZLAT fonksiyonunda ilgili çıkarım mekanizması değişkeni tarafından üretilen sonuç ve elde edilen sonuçların doğruluk derecesi GK'lar görülmektedir. GEZYÜT fonksiyonu, lambaların gerçek zamanlı faz akımı 6,45A'e göre, lambaların toplam gücünün 1500W'a denk geldiğini tahmin etmiştir. Bu sonuca göre armatürlere takılabilecek standart halojen lamba güçlerini tercih sırasıyla kullanıcıya sunmaktadır. Kullanıcı tarafından 1.tercih seçilmiştir. GEZYÜT fonksiyonu her bir tercih için kullanıcıya karar vermesinde destek olmak için GK'yı üretmektedir. Lamba grubunda üç armatür olduğu için en yüksek GK, tercih 1'e verilmiştir. GEZLAT penceresinde de çıkarım mekanizması değişkeni tarafından üretilen sonucun doğruluk derecesi GK verilmektedir.



Şekil IV.25 Ön Tahmin Yolu ile Lamba Güçlerinin Belirlenmesi ve GEZYÜT Çıkarım Sonuçlarına göre GEZLAT Fonksiyonu

Şekil IV.26'da lamba güçlerinin kullanıcı tarafından listeden seçilmesi yöntemi ile belirlenmesi, seçilen güçlere göre GEZLAT fonksiyonunda ilgili çıkarım mekanizması değişkeni tarafından üretilen sonuç ve elde edilen sonucun doğruluk derecesi GK görülmektedir. GEZYÜT fonksiyonunda kullanıcı hat üzerinde 3 lamba bağlı olduğunu belirtmiş ve güçleri sıra ile 500W, 500W ve 300W tercih etmiştir. GEZLAT fonksiyonu; seçilen güçlere göre faz akımı değerinin, ölçülen faz akımından düşük olduğu için ilgili çıkarım mekanizması değişkeni Şekil IV.26'da ki sonucu üretmiştir. Bu uygulama aşamasında lambaların faz akımı 6,45A ve lambaların toplam gücü 1500W'dır.

The screenshot displays two windows from the GEZYÜT software. The left window, titled 'Gerçek Zamanlı Yük Tahmini-GEZYÜT', contains a text box asking 'A blok SUR lamba grubuna kaç adet lamba bağlıdır?' (How many lamps are connected to the A block SUR lamp group?). The number '3' is entered in the adjacent field. Below this is a button labeled 'Listeden seçmek'. Underneath, a section titled 'Lamba Güçlerinin Belirlenmesi(WATT)' shows three columns for 'Lamba 1', 'Lamba 2', and 'Lamba 3', each with a value of 500, 500, and 300 respectively. A 'Toplam' (Total) column shows 1300. Below these are dropdown menus for each lamp, currently set to 500W, 500W, and 300W. The right window, titled 'Gerçek Zamanlı Lamba Arıza Teşhis-GEZLAT', shows 'Güvenlilik Katsayısı' (Reliability Coefficient) as 0.54. Below this, a red text message states: 'Ölçülen akıma göre seçilen güç değerleri düşük, arttırınız' (Selected power values are low according to the measured current, increase them).

**Şekil IV.26 GEZYÜT’de Kullanıcının Listedten Düşük Güç Seçmesi ve GEZYÜT Çıkarım Sonuçlarına göre GEZLAT Fonksiyonu**

Şekil IV.27’de lamba güçlerinin kullanıcı tarafından listeden seçim metodu ile belirlenmesi, seçilen güçlere göre GEZLAT fonksiyonunda ilgili çıkarım mekanizması değişkeni tarafından üretilen sonuç ve sonucun doğruluk derecesi GK görülmektedir. GEZYÜT fonksiyonunda kullanıcı hat üzerinde 3 lamba bağlı olduğunu belirtmiş ve güçleri sıra ile 500W, 500W ve 750W tercih etmiştir. GEZLAT fonksiyonu; seçilen güçlere göre faz akımı değerinin, ölçülen faz akımına göre yüksek olduğu için ilgili çıkarım mekanizması değişkeni Şekil IV.27’de ki sonucu üretmiştir. Ölçülen faz akımı, 1500W lık bir güç tarafından fazdan çekilmektedir. Listedten seçilen güçlere göre faz akımı yaklaşık  $7,60 \pm 0,6A$  çekmesi gerekir . Ölçülen akım 6,45A dir. Arıza akımı= $7,60-6,45=1,15A$  olmaktadır. Seçilen güçlerde yük akımı 1,15A’lık lamba gücü bulunmadığından GEZLAT çıkarım değişkeni *seçilen veya tahmin edilen güçlerde hata var* ifadesini üretmiştir.



Şekil IV.27 GEZYÜT’de Kullanıcının Listedeki Yüksek Güç Seçmesi ve GEZYÜT Çıkarım Sonuçlarına göre GEZLAT Fonksiyonu

Şekil IV.28’de A blok SUR lamba grubunun ölçülen faz akımının sıfır olması durumunda GEZLAT fonksiyonunda ilgili çıkarım mekanizması değişkeni tarafından üretilen sonuç ve sonucun doğruluk derecesi GK görülmektedir. Bu çıkarımda lambaların faz hattında bir sorun görünmemektedir. GEZLAT çıkarım değişkeni *tüm lambalarda veya bağlantı noktasında ifadesini* üretmiştir.



Şekil IV.28 A Blok SUR Lamba Grubu Ölçülen Faz Akımı Sıfır Olması Durumunda GEZLAT Fonksiyonu

GEZLAT fonksiyonu ilgili çıkarım değişkeni işlenen kurallar ile; *Bir lambada veya bağlantı noktasında sorun var, İki lambada veya bağlantılarda sorun var, Lambalar yanmıyor L1 fazında sorun var, Lambalar henüz aktif edilmedi Sorun yok, Bakım yapılıyor veya üç faz hattında sorun var* sonuçlarını da üretmektedir.



### IV.1.3. GEZHAT Fonksiyonu

MEGSUZ için hazırlanan ekranında, gerçek zamanlı A, B, C, D, E bloklarındaki lambaları besleyen L1, L2, L3 (E blokta L1, L2) fazlarında hat arızası olup olmadığını tespit etmek için kullanılan GEZHAT penceresi Şekil IV.23 de görülmektedir.

Şekil IV.23 'de GEZHAT fonksiyonunda tüm bloklarda lambaları besleyen hatlarda bir sorun olmadığını, ilgili çıkarım mekanizması değişkenleri tarafından üretilen sonuçlarda görülmektedir. Sonuçların doğruluk derecesi GK'lar görülmektedir.

Şekil IV.29'da E blokta hat arızası oluşması durumunda ilgili çıkarım mekanizması değişkeni tarafından üretilen sonuç görülmektedir. L1 ve L2 hatlarında arıza tespit edilmiştir. Bu sorunun çözümü içinde tavsiyelerde bulunulmuştur.



Şekil IV.29 E Blokta Hat Arızasında GEZHAT Fonksiyonu

Şekil IV.30'da A ve E blokta hat arızası oluşması durumunda GEZHAT'ın ilgili çıkarım mekanizması değişkenleri tarafından üretilen sonuçlar görülmektedir. Ayrıca GEZHAT ve GEZLAT fonksiyonlarındaki çıkarım mekanizmaları sonuçları her iki pencerede uyumludur. A blokta L1 fazında oluşan hat arızası GEZLAT fonksiyonunda da belirtilmiştir. Her iki pencerede sonuçların GK değerleri de belirtilmiştir. GEZHAT fonksiyonunda A ve E bloklara ait GK'lar farklıdır. Bu farklılık, iki fazda arıza çıkma olasılığı ile tek fazda arıza çıkma olasılığı arasındaki farklılıktan oluşmuştur. İki fazda arıza çıkma olasılığı bir fazda arıza çıkma olasılığına göre daha küçüktür.



Şekil IV.30 GEZLAT ve GEZHAT Fonksiyonlarında Uyumluluk

Şekil IV.31’de A blokta üç faz ve E blokta iki faz arızası oluşması durumunda GEZHAT’ın ilgili çıkarım mekanizması değişkenleri tarafından üretilen sonuçlar görülmektedir. A blok L1 fazında hat arızasına paralel olarak GEZLAT fonksiyonunda ilgili çıkarım mekanizmasında üretilen sonuç Şekil IV.31’de verilmektedir. A bloktaki üç faz arıza durumunda ilgili çıkarım mekanizması farklı durumları da dikkate almıştır. Sonuçların GK’ları incelenecek olursa üç fazda arıza olma olasılığı iki fazda arıza olma olasılığından daha büyüktür.



Şekil IV.31 GEZHAT’da A blok 3 Faz, E Blok 2 Faz Arıza ve GEZLAT Fonksiyonu ile Uyumluluk

## IV.2. US TABANLI ZKN SONUÇLARI

DAKS’da RIO standardının her hangi bir noktasında oluşabilecek arıza veya devre dışı edilme durumları dikkate alınarak, lambaların kontrolünde sürekliliği sağlamak için tasarlanan US tabanlı ZKN sonuçları *klasik sistem* ile karşılaştırılmıştır. ZKN’de ki lamba gruplarının Marmara Üniversitesi Göztepe yerleşkesinde TEF’in A-B-C-D bloklarının bulunduğu ve yoğun olarak kullanılan park tarafındaki lamba grupları ile aynı zamanda devreye alındığı ve devreden çıkarıldığı çalışma şekline klasik sistem olarak adlandırılmıştır.

ZKN uygulaması için RIO standardı devre dışı edilerek, merkezden bağımsız olarak lambaların kontrolü gerçekleştirilmiştir. ZKN uygulaması boyunca yerleşke içerisinde yapılan gözlemlerde Marmara Üniversitesi Göztepe yerleşkesinde çeşitli bölgelerdeki dış aydınlatma sistemlerinin çalışma saatleri tespit edilerek Tablo IV.8’de verilmiştir. Tablo IV.8’de görüldüğü farklı bölgelerdeki lamba gruplarının bir hafta boyunca çalışmadığı, devreye girme/çıkma anlarının uyum sağlanamadığı ve erken devreye alınıp geç devreden çıkarıldıkları belirlenmiştir.

**Tablo IV.8 ZKN Uygulaması Esnasında Farklı Yerlerdeki Dış Aydınlatma Sistemlerinin Çalışma Zamanları**

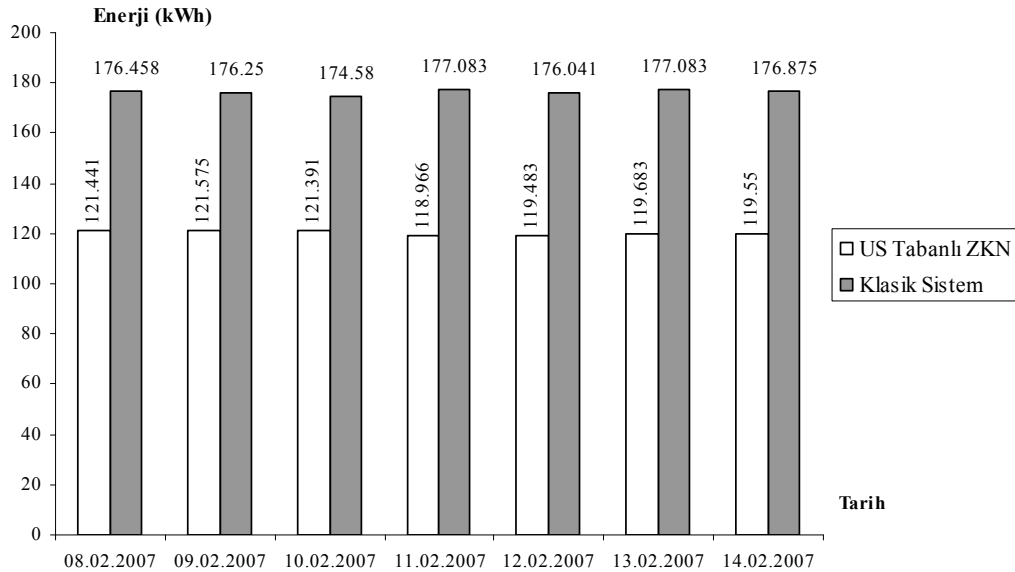
| Tarih      | TEF<br>Mekatronik | Sosyal<br>Tesisler | Park/Yol<br>aydınlatması<br>(Klasik Sistem) | Meydan<br>(Fen-Edebiyat) |
|------------|-------------------|--------------------|---------------------------------------------|--------------------------|
| 08.02.2007 | ----              | 17:13              | 17:15 - 07:22                               | 17:33                    |
| 09.02.2007 | ----              | 17:15              | 17:14 - 07:20                               | 17:32                    |
| 10.02.2007 | ----              | 17:13              | 17:20 - 07:18                               | 17:34                    |
| 11.02.2007 | ----              | 17:14              | 17:15 - 07:25                               | 17:35                    |
| 12.02.2007 | ----              | 17:13              | 17:15 - 07:20                               | 17:35                    |
| 13.02.2007 | ----              | 17:15              | 17:12 - 07:22                               | 17:37                    |
| 14.02.2007 | ----              | 17:15              | 17:15 - 07:24                               | 17:35                    |

ZKN uygulaması ile elde edilen sonuçlar ayrıntılı olarak Tablo IV.9’da verilmiştir. Tablo IV.9’da ZKN ve klasik sistemde lambaların devreye alınma ve devreden çıkarılma zamanları, ZKN’de bloklardaki hareket sayısı ve ZKN ile elde edilen tasarruf görülmektedir. Uygulama esnasında ortalama %31,78 tasarruf elde edilmiştir.

**Tablo IV.9 US Tabanlı ZKN Sonuçları**

| Tarih      | US tabanlı ZKN<br>(Lambaların devreye<br>giriş -çıkış zamanları) | Klasik Sistem<br>(Sistemin devreye<br>giriş -çıkış<br>zamanları) | Hareket Sayısı |             |           | ZKN<br>(kWh) | Klasik Sistem<br>(KS)<br>(kWh) | Fark kWh<br>(ZKN-KS) | %<br>Tasarruf |
|------------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----------------|-------------|-----------|--------------|--------------------------------|----------------------|---------------|
|            |                                                                  |                                                                  | A-B<br>Blok    | B-C<br>Blok | E<br>blok |              |                                |                      |               |
| 08.02.2007 | 17:45 - 06:53                                                    | 17:15-07:22                                                      | 2              | 0           | 29        | 121.441      | 176.458                        | -55.017              | 31.1785       |
| 09.02.2007 | 17:45 - 06:53                                                    | 17:14-07:20                                                      | 3              | 1           | 37        | 121.575      | 176.25                         | -54.675              | 31.0213       |
| 10.02.2007 | 17:45 - 06:53                                                    | 17:20-07:18                                                      | 0              | 0           | 32        | 121.391      | 174.58                         | -53.189              | 30.4668       |
| 11.02.2007 | 17:52 - 06:47                                                    | 17:15-07:25                                                      | 0              | 0           | 20        | 118.966      | 177.083                        | -58.117              | 32.8191       |
| 12.02.2007 | 17:52 - 06:47                                                    | 17:15-07:20                                                      | 4              | 1           | 33        | 119.483      | 176.041                        | -56.558              | 32.1277       |
| 13.02.2007 | 17:52 - 06:47                                                    | 17:12-07:22                                                      | 3              | 0           | 40        | 119.683      | 177.083                        | -57.4                | 32.4142       |
| 14.02.2007 | 17:52 - 06:47                                                    | 17:15-07:24                                                      | 6              | 1           | 34        | 119.55       | 176.875                        | -57.325              | 32.4099       |

ZKN ile lamba gruplarının kontrolünde yedi günlük uygulama safhasında azımsanmayacak enerji tasarrufu elde edilmiştir. Şekil IV.32’de yedi günlük ZKN uygulamasında günlük tüketilen enerji miktarının ve aynı lamba grupları klasik sistem ile çalışması durumunda günlük tüketilen enerji miktarlarının karşılaştırılması grafik şeklinde görülmektedir.

**Şekil IV.32 ZKN ve Klasik Sistemde Yedi Günlük Tüketilen Enerji Miktarları**

#### IV.2.1. US Tabanlı ZKN Maliyeti

TEF dış aydınlatması kontrolünde beş noktada US tabanlı ZKN kullanılması ile kurumun azalan gideri Tablo IV.10’da görülmektedir. Tüketim bedeli fiyatlarına vergi katılmamıştır. Elektrik enerjisi birim fiyatı olarak aktif enerji tek zamanlı tarifesine göre 0,10714 YTL/kWh alınmıştır [134]. Tablo IV.5’de görüldüğü gibi elektrik enerjisi tüketim bedelinde %31,78 tasarruf elde edilmiştir

**Tablo IV.10 US Tabanlı ZKN Uygulaması ile Klasik Sistem Arasında Elektrik Enerjisi Tüketim Bedellerinin Karşılaştırılması**

| Tarih                                                  | Aktif Sistem      | Kurulu Güç (kW) | Tüketim miktarı (kWh) | Birim fiyat (YTL/Kwh) | Tüketim bedeli (YTL) | Kurumun Azalan Gideri (ZKN-KS) (YTL) |
|--------------------------------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------------------|
| 08.02.2007                                             | US Tabanlı ZKN    | 12.5            | 121.441               | 0.10174               | 12.36                | -5.60                                |
|                                                        | Klasik Sistem(KS) | 12.5            | 176.458               | 0.10174               | 17.95                |                                      |
| 09.02.2007                                             | US Tabanlı ZKN    | 12.5            | 121.275               | 0.10174               | 12.34                | -5.59                                |
|                                                        | Klasik Sistem(KS) | 12.5            | 176.25                | 0.10174               | 17.93                |                                      |
| 10.02.2007                                             | US Tabanlı ZKN    | 12.5            | 121.391               | 0.10174               | 12.35                | -5.41                                |
|                                                        | Klasik Sistem(KS) | 12.5            | 174.58                | 0.10174               | 17.76                |                                      |
| 11.02.2007                                             | US Tabanlı ZKN    | 12.5            | 118.966               | 0.10174               | 12.10                | -5.91                                |
|                                                        | Klasik Sistem(KS) | 12.5            | 177.083               | 0.10174               | 18.02                |                                      |
| 12.02.2007                                             | US Tabanlı ZKN    | 12.5            | 119.483               | 0.10174               | 12.16                | -5.75                                |
|                                                        | Klasik Sistem(KS) | 12.5            | 176.041               | 0.10174               | 17.91                |                                      |
| 13.02.2007                                             | US Tabanlı ZKN    | 12.5            | 119.683               | 0.10174               | 12.18                | -5.84                                |
|                                                        | Klasik Sistem(KS) | 12.5            | 177.083               | 0.10174               | 18.02                |                                      |
| 14.02.2007                                             | US Tabanlı ZKN    | 12.5            | 119.55                | 0.10174               | 12.16                | -5.83                                |
|                                                        | Klasik Sistem(KS) | 12.5            | 176.85                | 0.10174               | 17.99                |                                      |
| US tabanlı ZKN uygulama aşamasında Toplam Azalan Gider |                   |                 |                       |                       |                      | -39.94                               |

Kurumun, US tabanlı ZKN kullanarak, YTB ve DBM’de elde edeceği gider azalması Tablo IV.11’de verilmektedir. Birim fiyatların bir yıl boyunca sabit olduğu kabul edilmiştir. YTB ve DBM’nin hesaplanmasında Denklem IV.2 ve Denklem IV.3 kullanılmıştır. Kurumun, bir yıl boyunca US tabanlı ZKN fonksiyonunun çalışması ile YTB ve DBM’de tahmini yıllık 1968 YTL kazancı olacaktır. Tablo IV.10 ve Tablo 11’de (-) işaret azalan miktarı göstermektedir.

**Tablo IV.11 US Tabanlı ZKN ve Klasik Sistemde Tahmini Yıllık Tüketim Bedeli ve Yıllık Değişim-Bakım Maliyeti**

| Simge          | Tanım                                    | Birim   | Klasik Sistem | US Tabanlı ZKN | Kurumun Azalan Gideri* |
|----------------|------------------------------------------|---------|---------------|----------------|------------------------|
| K <sub>1</sub> | Lamba birim fiyatı**                     | YTL     | 6.00          | 6.00           |                        |
| K <sub>2</sub> | Lamba birim değiştirme ve bakım maliyeti | YTL     | 3.00          | 3.00           |                        |
| n              | Lamba sayısı                             | adet    | 25            | 25             |                        |
| P <sub>L</sub> | Bir Lamba gücü                           | Watt    | 500           | 500            |                        |
| t <sub>1</sub> | Lamba ömrü                               | saat    | 2000          | 2000           |                        |
| t <sub>2</sub> | Bir lambanın yıllık çalışma süresi       | saat    | 4389          | 2995***        |                        |
| f              | Elektrik enerjisi birim fiyatı           | YTL/kWh | 0.10174       | 0.10174        |                        |
| YTB            | Yıllık tüketim bedeli                    | YTL     | 5582.47       | 3811.29        | -1771.18               |
| DBM            | Yıllık değişim ve bakım maliyeti         | YTL     | 493.94        | 296.64         | -197.30                |
|                | YTB+DBM                                  | YTL     | 6076.41       | 4107.93        | -1968.48               |

\*: ZKN - Klasik Sistem

\*\* : 500W halojen lamba

\*\*\*: SUR lamba gruplarındaki bir lambanın çalışma süresi

Tablo IV.12’de ilk yatırım maliyetlerinin hesaba katılmasıyla toplam maliyet Denklem IV.1’e göre hesaplanmıştır. Tablo IV.7’de, ilk yıl için Tablo IV.11’deki sonuçlar alınmıştır. Birim fiyatlarda yıllık %6 artış olabileceği kabul edilmiştir. Altı yıl sonunda sistemin yıllık %6’lık artışa göre 13.608 YTL kâr edeceği tahmin edilmektedir. Şekil IV.33’de birim fiyatlarda yıllık %6 artışa göre TM’nin altı yıllık değişimi görülmektedir. Tablo IV.12’de (-) işaret azalan miktarı göstermektedir.

**Tablo IV.12 US Tabanlı ZKN ve Klasik Sistem için Tahmini Altı Yıllık Toplam Maliyet**

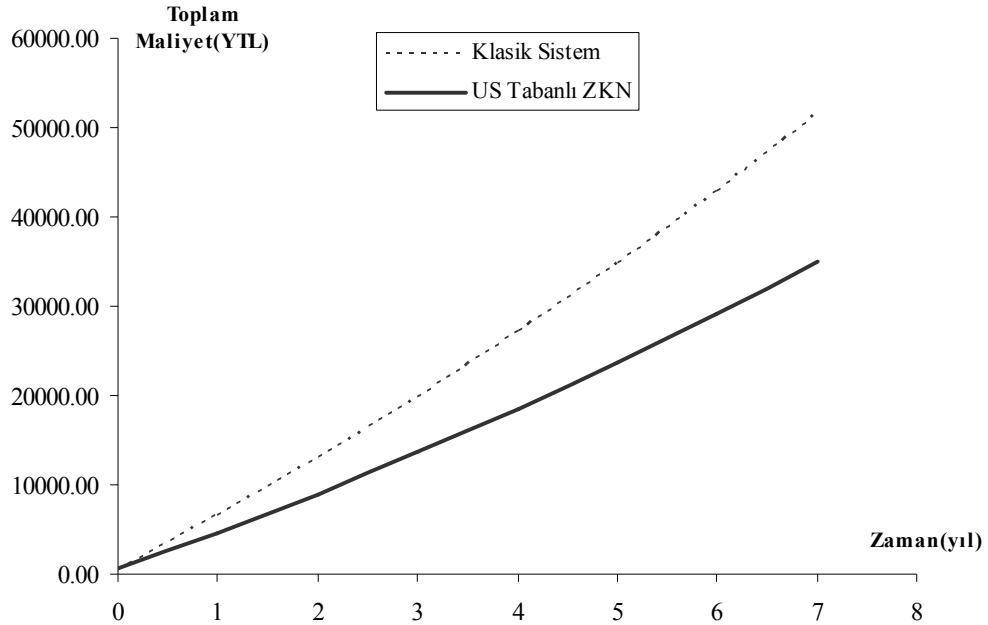
| Simge | Tanım                             | Birim | Klasik Sistem | ZKN      | Kurumun Azalan Gideri* |
|-------|-----------------------------------|-------|---------------|----------|------------------------|
| YTB   | İlk yıl tüketim bedeli            | YTL   | 5582.47       | 3811.29  | -1771.18               |
| DBM   | İlk yıl değişim ve bakım maliyeti | YTL   | 493.94        | 296.64   | -197.30                |
| İYT   | İlk yatırım maliyeti**            | YTL   | 500.00        | 550.00   | 50.00                  |
| TM    | Bir yıllık (İYT+YTB+DBM)          | YTL   | 6576.41       | 4657.93  | -1918.48               |
| TM    | İki yıllık*** (İYT+YTB+DBM)       | YTL   | 13017.41      | 9012.34  | -4005.07               |
| TM    | Üç yıllık*** (İYT+YTB+DBM)        | YTL   | 19844.87      | 13628.01 | -6216.86               |
| TM    | Dört yıllık*** (İYT+YTB+DBM)      | YTL   | 27081.98      | 18520.62 | -8561.36               |
| TM    | Beş yıllık*** (İYT+YTB+DBM)       | YTL   | 34753.31      | 23706.78 | -11046.53              |
| TM    | Altı yıllık*** (İYT+YTB+DBM)      | YTL   | 42884.92      | 29204.12 | -13680.80              |

\* : ZKN - Klasik Sistem

\*\* : Her iki sistem ilk kurulumunda; kablo, armatür, lamba ve montaj aksesuarları ortak olduğundan bu masraflar dahil edilmemiştir.

\*\*\* : Birim fiyatlarda yıllık %6 artış olabileceği kabul edilmiştir.

\*\*\*:SUR lamba gruplarındaki bir lambanın çalışma süresi



**Şekil IV.33 US Tabanlı ZKN ve Klasik Sistemde Altı Yıllık Tahmini Toplam Maliyetin Değişimi**

# BÖLÜM V

## TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, mevcut dış aydınlatma kontrol sistemlerinin dezavantajları ortadan kaldırmak için, MEGZUS ve US tabanlı ZKN olarak isimlendirilen, iki farklı ortamda gerçek zamanlı çalıştırılan US'lar geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen sistem, uzman sistemin dış aydınlatmada; kontrol, izleme, yük tahmin ve hata teşhis etmek amacı ile kullanıldığı ilk uzman sistemdir

MEGZUS, aydınlatma kontrol sahasının geniş olması sebebiyle saha veri yolu sistemlerinden RIO standardını ve veri yoluna bağlı programlanabilir kontrolörün arayüzlerini kullanarak Ethernet üzerinden dört farklı fonksiyonu yürütmek için gerçekleştirilmiştir.

MEGZUS'un dört farklı fonksiyonundan GEZKİ'de; gün ışığı, gerçek zaman ve harekete bağlı olarak lamba gruplarının en uygun zamanda devreye girmesi ve çıkması yani enerji tüketiminin uygun düzeyde tutulması sağlanmıştır. GEZKİ için RIO standardında kullanılan tüm donanımlar aydınlatma sahasında uygun noktalara kurulmuş ve dış aydınlatmada bulunan lambalar gruplara ayrılmıştır. Bu lamba gruplarını sürmek içinden sürücü devreleri imal edilmiştir. Dış ortamdaki aydınlık düzeyini ölçmek için de güneş pili kullanılmıştır. MEGZUS'un kural tabanı toplam 295 adet kuraldan oluşturulmuştur.

GEZKİ fonksiyonu ile elde edilen sonuçların karşılaştırılması için aynı lamba gruplarının Marmara Üniversitesi Göztepe yerleşkesinde TEF'in A-B-C-D bloklarının bulunduğu ve yoğun olarak kullanılan park tarafındaki lamba grupları ile aynı zamanda devreye alındığı ve devreden çıkarıldığı kabul edilmiştir. Bu çalışma

şekline *klasik sistem* olarak adlandırılmıştır.

GEZKİ'nin uygulama aşamasında lamba grupları için okul dönemi çalışma şekli uygulandığında tüketilen enerjide %34,04 tasarruf elde edilmiştir. GEZKİ'de lambalar arasında gruplar oluşturulmasaydı, tüketilen enerjide %6,73 tasarruf elde edilecekti. Bu oran, GEZKİ fonksiyonu için yazılan US ile lamba gruplarının en uygun zamanda devreye alındığını ve devreden çıkarıldığını göstermiştir.

GEZKİ fonksiyonu kullanarak, ilk kurulum maliyeti hariç tutulduğunda, Kurumun, YTB ve DBM'de tahmini yıllık 2.200 YTL kazancı olacaktır. Ayrıca DAKS'ın ilk yatırım maliyetinin kaç yılda karşılanabileceği tahmini olarak hesaplanmıştır. Bu tahmin yapılırken birim fiyatlarda her yıl %6'lık artış olabileceği kabul edilmiştir. Yapılan hesaplamalara göre altı yıl sonunda, sistemin ilk yatırım maliyetinin karşılanacağı ve kâr edeceği tahmin edilmektedir. DAKS sadece Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi dış aydınlatmasının kontrolü için değil tüm kampus için uygulandığı takdirde sistemin 2-3 yıl sonunda kâr edeceği tahmin edilmektedir.

GEZKİ fonksiyonunda, lamba gruplarının aktif olup olmadığı; lamba grupları çıkışları ve hat arıza girişleri dikkate alınarak izlenmiştir. Özellikle, A blok sürekli lamba grubunun gözlenmesinde lambanın faz akımı da hesaba katılmıştır. Bu fonksiyonda, lambaların devreye gireceği uygun gerçek zaman dilimine girilmeden dış ortamdaki aydınlık düzeyi 1 lüks referans değerinden düşük ise veya lambaların devreye gireceği uygun gerçek zaman dilimine girildiğinde aydınlık düzeyinin 7 lüks referans değerinden yüksek olması durumunda uyarılar üretilmiştir. Bu uyarılar ile kullanıcının sisteme daha etkin bir müdahale şansı tanınmıştır.

MEGZUS'un dört farklı fonksiyonundan GEZYÜT'de; A blok sürekli lamba grubuna bağlı lambaların güç değerlerini tahmin edilmiştir. Lamba güçlerini tahmininde iki yöntem kullanılmıştır. Bunlar: gerçek zamanlı faz akımı değerine göre kullanıcıya ön tahmin değerleri sunarak tahmin etme ve kullanıcı tarafından doğrudan verilen listeden seçilerek tahmin etme yöntemleridir.

GEZYÜT'de, gerçek zamanlı faz akımı değerine göre kullanıcıya sunulacak ön tahmin değerlerinin belirlenmesi için oluşturulan kuralların varsayım kısmında, gerçek zamanlı faz akımı, belirlenen akım sınır değerleri arasında sorgulanmıştır. Akım sınır değerleri, lambaların ilk çalışma anlarındaki ısınma faktörü ve lambaların bağlı olduğu fazlardaki gerilim değişimlerinin akıma etkileri dikkate alınarak belirlenmiştir. Kullanıcı, GEZYÜT fonksiyonuna aktif olarak katılmıştır. Kullanıcı,



güç değerlerinin seçiminde, US tarafından sunulan ön tahmin değerleri arasından seçiminde doğruluk derecesi GK değerleri yardımcı olmuştur. US, yanlış seçimlerde kullanıcıyı yönlendirmiştir.

MEGZUS'un dört farklı fonksiyonundan GEZLAT'da; A blok sürekli lamba grubunun faz akım değeri sorgulanarak lamba grubunun aktif olup olmadığı tespit edilmiş ve lamba arızaları belirlenerek gerekli açıklamalar üretilmiştir. Bu fonksiyonda, A blok sürekli lamba grubunun; gerçek zamanlı faz akım değeri, lamba sayısı, hat üzerinde arıza olup olmaması ve lamba grubunun devrede olup olmaması giriş değişkenleri olarak kullanılmıştır. Kullanıcıya, lamba grubundaki arızalara derhal müdahale etme imkanı sunulmuştur.

MEGZUS'un dört farklı fonksiyonundan GEZHAT'da; lambaların bağlandığı üç fazda, gerçek zamanlı hat arızası olup olmadığını tespit edilmiş ve gerekli açıklamalar üretilmiştir. Her blokta lambaların bağlandığı L1, L2, L3 hatlarındaki faz sinyalleri ayrı ayrı kural tabanında sorgulanmıştır. Aralarındaki ilişkilere bakılarak bir faz, iki faz ve üç faz arızaları gözlenmiştir. GEZHAT fonksiyonunun çalışması için arıza kartları imal edilmiştir. Kullanıcıya, lamba gruplarının bağlı olduğu hatlardaki arızalara derhal müdahale etme imkanı ve US'un tavsiyeleri sunulmuştur.

MEGZUS'da, merkezi kontrol yapısını sahip URIO standardı üzerinde oluşabilecek arızalar veya veri yolu üzerindeki cihazların devre dışı edilme durumlarında, sinyalin kesildiği blok veya bloklarda MEGZUS'un fonksiyonları gerçekleştirilemez. Bu durumda, dış aydınlatma kontrolünde sürekliliği sağlamak için, her blok mikrodnetleyici kartı imal edilerek, merkezden bağımsız kontrol eden US tabanlı ZKN kurulmuştur. Mikrodnetleyici hafızasına da US'un kuralları yazılmıştır. Mikrodnetleyici hafızasında çalışan US, sadece yukarıda belirtilen durumda devreye girmiştir. Eğer RIO standardında bir arıza veya devre dışı edilme durumu yok ise mikrodnetleyici DAKS'da arabirim görevini yerine getirmiştir. Arıza olmadığı durumda DAKS'da, RIO standardı üzerinde çıkış modüllerinin kontrol sinyalleri, lamba gruplarının sürüldüğü güç devrelerine mikrodnetleyici üzerinden iletilmiştir.

US tabanlı ZKN'nin çalışması için özellikle URIO standardı üzerindeki tüm donanımlar devre dışı edilmiş ve performansı incelenmiştir. US tabanlı ZKN'nin çalışma performansı, GEZKİ gibi klasik sistem ile karşılaştırılarak incelenmiştir. ZKN US'un uygulama aşamasında tüketilen enerjide %31,78 tasarruf elde edilmiştir. US tabanlı ZKN'nin ilk kurulum maliyeti hariç tutulduğunda, Kurumun, YTB ve

DBM’de tahmini yıllık 2000 YTL kazancı olacaktır. Ayrıca US tabanlı ZKN’nin ilk yatırım maliyetinin kaç yılda karşılanabileceği tahmini hesaplanmıştır. Bu tahmin yapılırken birim fiyatlarda her yıl %6’lık artış olabileceği kabul edilmiştir. İlk yıl sonunda sistemin 1.900 YTL, altı yılın sonunda sistemin 13.600 YTL kâr edeceği tahmin edilmektedir.

MEGZUS ile US tabanlı ZKN arasında maliyet açısından karşılaştırıldığında, US tabanlı ZKN ilk yılın sonunda MEGZUS’un altı yıl sonunda elde edeceği kazancı yakalayacağı tahmin edilmektedir. US tabanlı ZKN altı yılın sonunda, DAKS’ın kurulum maliyeti kadar kazanç elde edeceği tahmin edilmektedir.

MEGZUS’da kullanıcı sistemin içine aktif olarak girmiştir. MEGZUS bilgisayar tabanlı çalıştığı için verileri kaydetme, işleme, US’un kural tabanını değiştirme, US’un kural tabanını yeni kurallar ekleme imkanı oldukça geniştir. İstendiğinde internet üzerinden dünyanın herhangi bir noktasından sisteme müdahale edilebilir. Gerçekleştirilen US tabanlı ZKN’de bu imkanlar bulunmamaktadır.

Gerçekleştirilen DAKS ile dış aydınlatmada tüketilen enerjide istenilen verimlilik, sistemdeki arızalara zamanında müdahale edilme, esnek bir yapı oluşması, Ethernet üzerinden kontrol ve izleme, bina yönetim sistemlerine entegre olması sağlanmıştır.

Yapılan literatür tarama çalışmalarında dış aydınlatmada uzman sistem kullanımı ile ilgili çalışmalara rastlanmamıştır. Tüm çalışmalar incelendiğinde, yapay zekanın dış aydınlatmada da yeterince kullanılmadığı görülmüştür. Enerjinin çok değerli olduğu bu zamanda, dış aydınlatmanın da daha verimli kullanımı için yapılacak çalışmaların yaygınlaştırılması gerekir. Bu bağlamda, gerçekleştirdiğimiz çalışma azımsanmayacak bir öneme sahiptir.

Gerçekleştirdiğimiz çalışmada kullanılan donanım ve yazılımların endüstriyel sahada gerçek zamanlı uygulamalarda kullanılması ve üniversitede sınırları içinde kurulması, eğitim alanında öğrencilerin bilgi ve tecrübelerinin artırılmasına katkı sağlayacaktır.

US tabanlı ZKN’nin maliyet açısından MEGZUS’a göre çok daha kârlı olması bu sistem üzerine yapılması gereken çalışmaları özendirebilir. Özellikle mikrodenetleyici tabanlı sistemin Ethernet’e bağlanma imkanının oluşturulması, US tabanlı ZKN’nin de bir ağ yapısı altında çalışması sağlayabilir. Bu imkan, US tabanlı ZKN için görselliği arttıracak, veri işleme ve kaydetme imkanlarını kolaylaştıracaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] <http://evk.emo.org.tr>, Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, EVK'2007, (Erişim tarihi: Şubat 2007).
- [2] [www.eie.gov.tr](http://www.eie.gov.tr), Elektrik İşleri Etüt İdaresi, (Erişim tarihi: Şubat 2007).
- [3] Onaygil, S.; Güler, Ö.; Erkin, E.; Goralı, E.: "Ticari Binaların Elektrik Enerjisi Tüketiminde Aydınlatmanın Payı", III.Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, Ankara, Kasım 23-25, (2005).
- [4] Kocabey, S.: "Dahili Ortamlarda Aydınlik Seviyesinin Kontrolü ile Enerji Tasarrufunun Sağlanması" *YL tezi*, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (1999), 3-5.
- [5] "IESNA Lighting Handbook", Illumination Engineering Society of North America, New York (2000), 12.1.
- [6] "Aydınlatma Rehberi", Lumina aydınlatma A.Ş., İstanbul, Türkiye, (2004), 32-33.
- [7] [www.siemens.com/instabus](http://www.siemens.com/instabus), (Erişim tarihi: Şubat 2007).
- [8] [www.lumina.com.tr](http://www.lumina.com.tr), (Erişim tarihi: Şubat 2007).
- [9] [www.arkitera.com](http://www.arkitera.com), (Erişim tarihi: Şubat 2007).
- [10] [www.kroma.web.tr](http://www.kroma.web.tr), (Erişim tarihi: Şubat 2007).
- [11] <http://oeo.nrcan.gc.ca/eii>, (Erişim tarihi: Haziran 2004)
- [12] Baykal, N.; Beyan, T.: "Bulanık Mantık Uzman Sistemler ve Denetleyiciler", Bıçaklar Kitapevi, Ankara, (2004), 267.
- [13] Allahverdi, N.: "Uzman Sistemler", Atlas Yayın Dağıtım Ltd. Şti., İstanbul, (2002), 1.
- [14] Nabiyeve, V.V.: "Yapay Zekâ", Seçkin Yayıncılık San.ve Tic. A.Ş., Ankara, (2005), 33.
- [15] Giarratano, J.C., Riley, G.D.: "Expert Systems", Thomson Course Tech., Canada, (2005), 1.

- [16] Cawsey, A: “The Essence of Artificial Intelligence”, Prentice Hall Europe, Hampshire, Great Britain, **(1998)**, 1.
- [17] Charniak, E.; Mcdermot, D.: “Introduction to Artificial Intelligence”, Addison-Wesley Longman , Boston, USA, **(1985)**, 1.
- [18] Sağıoğlu, Ş.; Beşdok, E.; Erler, M.: “Mühendislikte Yapay Zekâ Uygulamaları-I” Ufuk Kitap Kırt.-Yayıncılık Tic.Ltd.Şti., **(2003)**, 10.
- [19] Öztemel, E.: “Yapay Zekâ ve Endüstriyel Uygulamaları”, Otomasyon, Bileşim Yayıncılık, 59 **(1997)** 106-110.
- [20] Özkan, M.T.; Gülesin, M.: “Uzman Sistem Yaklaşımı ile Cıvata ve Dişli Çark Seçimi”, Turk J. Engin. Environ. Sci., 25 **(2001)**, 169-177.
- [21] Sümen, H.: “Otomasyonun Yazılım Yönü: Uzman Sistemler”, Otomasyon, Bileşim Yayıncılık, Şubat **(1994)** 118-116.
- [22] Öztemel, E.: “Uzman Sistem Geliştirme Süreci”, Otomasyon, Bileşim Yayıncılık, Nisan **(1998)** 36-38.
- [23] [www.bilten.metu.edu.tr](http://www.bilten.metu.edu.tr), BİLTEN-TUBİTAK, (Erişim tarihi: Mart **2004**).
- [24] Avcı, O: “Scada Sistemleri”, Eksen Yayıncılık, İstanbul,**(1998)**, 4.
- [25] Bailey, D.;Wright, E.: “Practical SCADA for Industry”, Elsevier, Bileşim Yayıncılık, İstanbul, **(2005)** 11.
- [26] “RSView32 Getting Results Guide”, Rockwell Automation Company, Milwaukee, USA, **(2003)** 17.
- [27] [www.iee.org](http://www.iee.org), (Erişim tarihi: Haziran 2005)
- [28] [www.bilesim.com.tr](http://www.bilesim.com.tr), (Erişim tarihi: Haziran 2005)
- [29] Çölkesen, R.; Örencik, B.: “Bilgisayar Haberleşmesi ve Ağ Teknolojileri”, Papatya Yayıncılık, İstanbul, **(2000)**, 1.
- [30] Liu, J.; Lim, K.W.; Ho, W.K.; Tan, K.C.; Tay, A.; Srinivasan, R.: “ Using the OPC Standard for Real-Time Process Monitoring and Control” *Software,IEEE* 22 **(2005)** 54-59.
- [31] Anwar, M:R.; Anwar, O.: Shamim, S.F.; Zahid, A.A.: “Human Machine Interface Using OPC (OLE for Process Control”, *Student Conference on Engineering, Sciences and Technology*, Karachi, Pakistan, December 30-31, **(2004)**.
- [32] Sarıbay, T.: “Fieldbus Teknolojisi Nereye Gidiyor?”, *Panel- Bileşim Fuar-Endüstriyel Otomasyon 2000*, İstanbul, Mart 31, **(2000)**.
- [33] Orsini, J.C: “Field bus:a user approach”, Schneider Electric, France **(2000)** 15.

- [34] Çelenk, M.: “Fieldbus Teknolojisi Nereye Gidiyor?”, *Panel- Bileşim Fuar-Endüstriyel Otomasyon 2000*, İstanbul, Mart 31 (2000).
- [35] www.industrialtext.com, “I/O Bus Networks”, (Erişim tarihi: Şubat 2006).
- [36] Sümen, H.: “Açık Sistem Kavramının Kontrol Dünyası Perspektifinden Görünüşü”, *Otomasyon*, Bileşim Yayıncılık, 100 (2000) 246-248.
- [37] Narlı, E.: “Fieldbus”, *Otomasyon*, Bileşim Yayıncılık, Ekim (1994) 90-94.
- [38] www.ab.com (Erişim tarihi: Mayıs 2005)
- [39] “Remote I/O Scanner”, Allen-Bradley, Rockwell Automation Company, Milwaukee, USA, (2002) 4.
- [40] “Remote I/O Scanner User manual”, Allen-Bradley, Rockwell Automation Company, Milwaukee, USA, (2002) 1.
- [41] Ekren, N.; Kocabey, S.: “Aydınlatma Tesislerinde Tüketilen Elektrik Enerjisinin Azaltılmasıyla İlgili Bir Uygulama”, *Türkiye 8. Enerji Kongresi*, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara, Mayıs 8-12 (2000).
- [42] Ekren, N.: “Enerji Tasarrufu ve Işık Kirliliği”, *Active Bankacılık ve Finans Dergisi*, 14 (2000).
- [43] Ekren [43], N.; Kocabey, S.; Atış, S.: “Fluoresan Aydınlatma Sistemlerinde Kullanılan Balastların Tekno-Ekonomik Yönden İncelenmesi”, *6.Ulusal Aydınlatma Kongresi*, İstanbul, Kasım 23-24, (2006).
- [44] www.steelcase.com, “The Impact of Lighting on Office Workers”, (Erişim tarihi: Haziran 2004)
- [45] www.steelcase.com, “The Importance of Quality Lighting in the Workplace”, (Erişim tarihi: Haziran 2004)
- [46] www.asid.org, “The Impact of Interior Design on the Bottom Line”. The American Society of Interior Designer, (Erişim tarihi: Haziran 2004)
- [47] Boyce, P.R.; Veitch, J.A.; Newsham, G.R.; Myer, M.; Hunter, C.: “Lighting Quality and Office Work: A Field Simulation Study”, Pacific Northwest National Laboratory, DE-AC06-76RL01830, U.S. Department of Energy, Richland, Washington, USA (2003).
- [48] www.cornell.edu, “A Summary of the Cornell University Study: Lighting the Computerized Office”, (Erişim tarihi: Haziran 2004).
- [49] Laurentin, C.; Berrutto, V.; Fontoynt, M.: “Effect of thermal conditions and light source type on visual comfort appraisal”, *Lighting Res.Technol.*, 32 (2000) 223-233.

- [50] Veitch, J.A.; McColl, S.L.: "Modulation of fluorescent light. Flicker rate and light source effects on visual performance and visual comfort", *Lighting Res. Technol.*, 27 (1995) 243-256.
- [51] "The Correlation of Models of Vision and Visual Performance", Commission Internationale de L'Eclairage, CIE Publication 145, Vienna, Austria (2002)
- [52] Bommel, W.J.M.; Beld G.J.: "Lighting for work: a review of visual and biological effects", *Lighting Res. Technol.*, 36 (2004) 255-269.
- [53] McCloughan, C.L.B.; Aspinall P.A.; Webb, R.S.: "The impact of lighting on mood" *Lighting Res. Technol.*, 31 (1999) 81-88.
- [54] Veitch, J.A.; Newsham, G.R.: "Lighting quality and energy efficiency effects on task performance, mood, health, satisfaction and comfort", *J. Illum. Eng. Soc.*, 27 (1998) 107-129.
- [55] Stone, P.T.: "The effects of environmental illumination on melatonin, bodily rhythms and mood states", *Lighting Res. Technol.*, 31 (1999) 71-79.
- [56] Pellegrino, A.: "Assessment of artificial lighting parameters in a visual comfort perspective", *Lighting Res. Technol.*, 31 (1999) 107-115.
- [57] Newsham, G.R.; Richardson, C.; Blanchet, C.; Veitch, J.A.: "Lighting quality research using rendered images of offices", *Lighting Res. Technol.*, 37 (2005) 93-115.
- [58] Moeck, M.: "Lighting design based on luminance contrast", *Lighting Res. Technol.*, 32 (2000) 55-63.
- [59] Lupton, M.Y.; Leung, A.S.M.; Carter, D.J.: "Advances in lighting design methods for non-empty interiors", *Lighting Res. Technol.*, 28 (1996) 29-41.
- [60] Jay, P.A.: "The art and science of lighting. A strategy for lighting design", *Lighting Res. Technol.*, 29 (1997) 158-159.
- [61] Jay, P.: "Subjective criteria for lighting design", *Lighting Res. Technol.*, 34 (2002) 87-99.
- [62] Aizlewood, M.E.: "Innovative daylighting systems. An experimental evaluation", *Lighting Res. Technol.*, 25 (1993) 141-152.
- [63] McEvoy, M.E.: "Window construction incorporating trickle vents. Implications for the quality of daylighting in houses", *Lighting Res. Technol.*, 28 (1996) 19-28.
- [64] Littlefair, P.: "Daylighting design and research", *Lighting Res. Technol.*, 32 (2000) 101.
- [65] Mardaljevic, J.: "Simulation of annual daylighting profiles for internal illuminance", *Lighting Res. Technol.*, 32 (2000) 111-118.

- [66] Kischkoweit-Lopin, M.: “An overview of daylighting systems”, *Solar Energy*, 73 (2002) 77-82.
- [67] Cheung, G.H.W.; Li, D.H.W.: “Average daylight factor for the 15 CIE standard skies”, *Lighting Res. Technol.*, 38 (2006) 137-152.
- [68] Anon, “Exterior lighting complements the Indiana Capitol”, *Public Works*, 128 (1997) 58-59.
- [69] Zackrisson, H.B.J.: “Outside Lighting Systems Design” *Lighting Design and Application*, 10 (1980) 29-37.
- [70] Laperriere, A.; Martel, R.: “Performance of compact fluorescent lamps in exterior lighting fixtures at cold temperature”, *Industry Applications Society Annual Meeting IEEE*, 3 (1993) 2305 – 2308.
- [71] Knight, C.: “Working on the outside”, *Lighting Journal*, 70 (2005) 9.
- [72] Sözen, Ş.; Geçioğlu, E.: “Kent Aydınlatmasının Kullanıcılara Tarafından Değerlendirilmesi-İstanbul Örneği”, *6.Ulusal Aydınlatma Kongresi*, İstanbul, Kasım 23-24, (2006).
- [73] Kesten, D.; Yener, A.K.: “İlköğretim Binalarında Enerji Etkin Aydınlatma Sistemi Tasarımına İlişkin Bir Çalışma”, *6.Ulusal Aydınlatma Kongresi*, İstanbul, Kasım 23-24, (2006).
- [74] So, A.T.P.; Chan, W.L.: “Exterior lighting design by computer algebra”, *Lighting Res. Technol.*, 28 (1996) 89-95.
- [75] Guo, B.; Belcher, C.; Roddis, W.M.: “An artificial intelligence tool for lighting energy-efficiency upgrade”, *Energy and Buildings*, 20 (1993) 115-120.
- [76] Aithal, S.R.; Shanbhag, R.S.: “Application of neural networks in lighting system design: An evaluation of the utilization factor ”, *Engineering Intelligent Systems*, 12 (2004) 145-149.
- [77] Wu, L.; Zhao, Z.; Liu, J.: “Intelligent controller for photovoltaic lighting systems”, *Qinghua Daxue Xuebao/Journal of Tsinghua University*, 43 (2003) 1195-1198.
- [78] Eliadis, C.: “Intelligent lighting systems”, *Canadian Consulting Engineer*, 45 (2004) 58-60.
- [79] Miki, M.; Hiroyasu, T.; Imazato, K.; Yonezawa, M.: “Intelligent lighting control using correlation coefficient between luminance and illuminance”, Eighth IASTED International Conference on Intelligent Systems and Control, ISC 2005, Cambridge, MA, United States, Oct 31-Nov 2, (2005).
- [80] Coley, D.A.; Crabb, J.A.: “An Artificial Intelligence Approach to the Prediction of Natural Lighting Levels”, *Building and Environment*, 32 (1997) 81-85.

- [81] Ferentinos, K.P.; Albright, L.D.: “Optimal design of plant lighting system by genetic algorithms”, *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 18 (2005) 473–484.
- [82] Alonso, J.M.; Ribas, Del Coz, J.J.; Calleja, A.J.; Lopez, E.; Rico-Secades, M.: “Intelligent Control System for Fluorescent Lighting Based on LonWorks Technology”, *IECON’98 Proceedings of the 24. Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, Aachen, Germany, August 31-September 4, (1998).
- [83] Miki, M.; Hiroyasu, T.; Imazato, K.: “Proposal for an Intelligent Lighting System, and Verification of Control Method Effectiveness”, *Conference on Cybernetics and Intelligent Systems*, Singapore, December 1-3, (2004).
- [84] Çolak, N.; Onaygil, S.: “Prediction of the artificial illuminance using neural network”, *Lighting Res. Technol.*, 31 (1999) 63-66.
- [85] Nanba, R.; Hasegawa, M.; Nishitani, T.; Aihara, K.: “Optimization Using Chaotic Neural Network and Its Application to Lighting Design”, *Journal of the Systems Research Institute Polish Academy of Sciences*, 31 (2002) 249-269.
- [86] Kurian, C.P.; Kuriachan, S.; Bhat, J.; Aithal, R.S.: “An adaptive neuro-fuzzy model for the prediction and control of light in integrated lighting schemes”, *Lighting Res. Technol.*, 37 (2005) 343-352.
- [87] Corcione, M.; Fontana, L.: “Optimal design of outdoor lighting systems by genetic algorithms”, *Lighting Res. Technol.*, 35 (2003) 261–280.
- [88] Rubinstein, F.; Treado, S.; Pettler, P.: “Standardizing Communication Between Lighting Control Devices”, *2003 IEEE Industry Applications Conference*, Salt Lake City, USA, October 12-16, (2003).
- [89] Çakır, M.; Özdemir, E.: “Otoyol Aydınlatma Verimliliğinin Genetik Algoritma Kullanarak Optimizasyonu”, *6. Ulusal Aydınlatma Kongresi*, İstanbul, Kasım 23-24, (2006).
- [90] Kumar, B.H.: “A fuzzy expert system design for analysis of body sounds and design of an unique electronic stethoscope”, *Biosensors and Bioelectronics*, Elsevier, 22 (2007) 1121-1125.
- [91] Zaheeruddin; Jain, V.K.: “A fuzzy expert system for noise-induced sleep disturbance”, *Expert Systems with Applications*, Elsevier, 30 (2006) 761-771.
- [92] Iqbal, A.; He, N.; Li, L.; Dar, N.U.: “A fuzzy expert system for optimizing parameters and predicting performance measures in hard-milling process”, *Expert Systems with Applications*, Elsevier, 32 (2007) 1020–1027.
- [93] Tseng, J.C.R.; Wu, C.H.: “An expert system approach to improving stability and reliability of web service”, *Expert Systems with Applications*, Elsevier, 33 (2007) 379–388.



- [94] Xu, D.L.; Liu, H.J.; Yang, J.B.; Liu, G.P.; Wang, J.; Jenkinson, I.; Ren, J.; “Inference and learning methodology of belief-rule-based expert system for pipeline leak detection”, *Expert Systems with Applications*, Elsevier, 32 (2007) 103–113.
- [95] Kaushika, N.D.; Rai, A.K.: “Solar PV design aid expert system”, *Solar Energy Materials & Solar Cells Solar Cells*, 90 (2006) 2829–2845.
- [96] Zhang, W.; Bin, H.; Dai, Y.: “A New Well Drilling Monitoring System Based on Field Bus and Expert System” *Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, Luoyang, China June 25 - 28, (2006)
- [97] Kadamani, S.; Snider, A.D.: “USFKAD: An expert system for partial differential equations”, *Computer Physics Communications*, 176 (2007) 62–69.
- [98] Sigut, J.; Pineiro, J.; Gonzalez, E.; Torres, J.: “An expert system for supervised classifier design: Application to Alzheimer diagnosis”, *Expert Systems with Applications*, 32 (2007) 927–938.
- [99] Lin ,Y.C.; Xie, Y.J.: “Expert system for integrity assessment of piping containing defects”, *Expert Systems with Applications*, 30 (2006) 149–155.
- [100] Moon, H.S.; You, T.; Sohn, M.H.; Kim, H.S.; Jang, D.S.: “Expert system for low frequency adaptive image watermarking: Using psychological experiments on human image perception”, *Expert Systems with Applications*, 32 (2007) 674–686.
- [101] Güler, İ.; Übeyli, E.D.: “Expert systems for time-varying biomedical signals using eigenvector methods”, *Expert Systems with Applications*, 32 (2007) 1045–1058.
- [102] Tomic, B.; Jovanovic, J.; Devedzic, V.: “JavaDON: an open-source expert system shell”, *Expert Systems with Applications*, 31 (2006) 595–606.
- [103] Hwang, G.H.; Chen, J.M.; Hwang, G.J.; Chu, H.C.: “A time scale-oriented approach for building medical expert systems” *Expert Systems with Applications*, 31 (2006) 299–308.
- [104] Kaminarisa, S.D.; Tsoutsosb, T.D.; Agorisd, D.; Machias, A.V.: “Assessing renewables-to-electricity systems: a fuzzy expert system model”, *Energy Policy*, 34 (2006) 1357–1366.
- [105] Liu, S.C.; Liu, S.Y.: “An Efficient Expert System for Machine Fault Diagnosis”, *Int. J. of Advanced Manufacturing Technology*, 21 (2003) 691–698.
- [106] Maor, I.H.; Reddy, T.A.: “Development and Implementation of HVAC-KBCD: A Knowledge-Based Expert System for Conceptual Design of HVAC&R Systems—Part 1: General Framework”, *ASHRAE Transactions*, 110 (2004) 232–257.

- [107] Maor, I.H.; Reddy, T.A.: “Development and Implementation of HVAC-KBCD: A Knowledge-Based Expert System for Conceptual Design of HVAC&R Systems—Part 2: Application to Office Buildings”, *ASHRAE Transactions*, 110 (2004) 258-273.
- [108] Torres, V.M.; Chaves, A.P.; Meech, J.A.: “INTELLIGOLD-An Expert System for Gold Plant Process Design”, *Cybernetics and Systems: An International Journal*, 31 (2000) 591-610.
- [109] Shal, S.M.S.; Morris, A.S.: “A Fuzzy Expert System for Fault Detection in Statistical Process Control of Industrial Processes”, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 30 (2000), 281-289.
- [110] Deng, Y.; Zhang, B.; Yang, Y.: “An Application of Expert System to Equipment Operation of 500kV Substation”, *Proceedings of the 3'd World Congress on Intelligent Control and Automation*, Hefei, China (2000).
- [111] Khaldi, M.R.: “An intelligent cognitive expert system for voltage control in power systems”, *2003 IEEE Conference on Control Applications CCA2003*, Istanbul, June 23-25, (2003).
- [112] Cipcigan, L.; Smith, K.S.; Hiley, J.: “Analysing a 400 kV power system for an expert system switching”, *10th Mediterranean Electrotechnical Conference*, May 29-31, (2000).
- [113] Hasan, K.; Ramsay, B.; Ranade, S.; Ozveren, C.S.: “An Object-Oriented Expert System for Power System Alarm Processing and Fault Identification”, *7th Mediterranean Electrotechnical Conference*, Antalya, April 12-14, (1994).
- [114] Zalis, K.: “Application of Expert Systems in Diagnostics of High Voltage Insulating Systems”, *International conference on Solid Dielectrics*, Toulouse, France, July 5-9, (2004).
- [115] Hamzeh, A.; Zaidan, K.: “Development of An Expert System For Off- and On-Line Faults Diagnosis in Electric Power Systems”, *International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications-IEEE*, Damascus, Syria, April 19-23, (2004).
- [116] Ma, Z.; Shen, B.: “Expert System of Trouble Diagnosis for DC Motor”, *International Conference on Electrical Machines and Systems*, Shenyang, China, August 18-20, (2001).
- [117] Pimpa, C.; Premrudeepreechacharn, S.: “Voltage control in power system using expert system based on SCADA system”, *Power Engineering Society Winter Meeting, IEEE*, New York, USA, January 27-31, (2002).
- [118] Qian, Y.; Li, X.; Jiang, Y.; Wen, Y.: “An expert system for real-time fault diagnosis of complex chemical processes”, *Expert Systems with Applications*, 24 (2003) 425–432.

- [119] El-Sayed, M.A.H.: “Rule-based approach for real-time reactive power control in interconnected power systems”, *Expert Systems with Applications*, 14 (1998) 355–360.
- [120] Cipcigan, L.; Chindris, M.; Smith, K.S.; Funabashi, T.: “Expert system for voltage control and synchronised switching command in a 400 kV power substation”, *Power Tech Proceedings, 2001 IEEE*, Porto, Portekiz, September 10-13 (2001).
- [121] El-Fergany, A.A.; Yousef, M.T.; El-Alaily, A.A.: “Fault diagnosis in power systems-substation level-through hybrid artificial neural networks and expert system”, *Transmission and Distribution Conference and Exposition, IEEE/PES*, Atlanta, USA, 28 Oct.-2 Nov., (2001).
- [122] Cheang, T.S.; Zhang, L.: “A new prototype of diagnosis system of inner-faults for three-phase induction motors developed by expert system”, *International Conference on Electrical Machines and Systems ICEMS*, Shenyang, China, August 18-20, (2001).
- [123] Xiaoning, W.; Deheng, Z.; Fuqi, L.; Na, L.: “Application of expert system (ES) technology in fault diagnosis of steam turbine generators”, *2002 IEEE Region 10 Conference on Computers, Communications, Control and Power Engineering*, Beijing, China, October 28-31, (2002).
- [124] Yan, B.; Zhang, T.; Xie, C.: “Fuzzy expert system for fault diagnosis of robotic assembly”, *The 4th World Congress on Intelligent Control and Automation*, Shanghai, China, June 10-14, (2002).
- [125] Taşgetiren, M.F.: “Atelye Tipi Üretim Çizelgelemede Bir Uzman Sistem Uygulaması”, *Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri Sempozyumu TOK’97*, İstanbul, Şubat 20-21, (1997).
- [126] Öztemel, E.: “Otomatik Bilgi İşlemede Uzman Sistemler ile Yapay Sinir Ağlarının Karşılaştırılması ve Birleştirilmesi”, *Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri Sempozyumu TOK’97*, İstanbul, Şubat 20-21, (1997).
- [127] Ergün, B.; Atlan, M.O.: “Yakın resim fotogrametrisinde endüstriyel uzman sistem uygulaması”, *itiüdergisi/d mühendislik*, 4 (2003) 19-24.
- [128] Öz, E.; Baykoç, Ö.F.: “Tedarikçi Seçimi Problemine Karar Teorisi Destekli Uzman Sistem Yaklaşımı”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 3 (2004) 275-286
- [129] Usta, Y.: “Robotlu Bir İmalat Hücresindeki Taşıma İşlemleri için Modele Dayalı Bir Uzman Sistem Geliştirilmesi”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 2 (2005) 275-288
- [130] www.microchip.com (Erişim tarihi: Ocak 2006)
- [131] www.schneiderelectric.com.tr (Erişim tarihi: Haziran 2004)
- [132] www.alce-elektrik.com.tr (Erişim tarihi: Eylül 2006)

[133] [www.entes.com.tr](http://www.entes.com.tr) (Erişim tarihi: Eylül 2006)

[134] [www.tedas.gov.tr](http://www.tedas.gov.tr) (Erişim tarihi: Nisan 2007)

## **EKLER**

## EK A

### PROGRAMLANABİLİR KONTROLÖR GİRİŞ ÇIKIŞ ADRESLERİ

EK A'da, DAKS'da kullanılan saha veri yolu RIO standardında kullanılan programlanabilir kontrolörün ana kasasındaki ve dağıtık I/O'larda kullanılan giriş ve çıkış adresleri verilmiştir.

Üzerinde RIO standardının master kartının da bulunduğu PLC'nin ana kasası D blok da trafo merkezinin bulunduğu odaya yerleştirilmiştir. Üzerinde RIO standardının slave modülü ve dağıtık I/O'ların bulunduğu kasalar A, B, C, E bloklarında güç panolarının da bulunduğu noktalara yerleştirilmiştir.

**Tablo A.1 PLC'nin Ana Kasasının D-Bloktaki Giriş/Çıkış Adresleri**

| Adres   | Açıklama                                                                       |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------|
| I:2.0/1 | Tüm bloklardaki lambaları devreye alan dijital giriş.                          |
| I:2.0/2 | Tüm bloklardaki lambaları devreden çıkaran dijital giriş.                      |
| I:2.0/3 | D blok lambalarını devreye alan dijital giriş.                                 |
| I:2.0/4 | D blok lambalarını devreden çıkaran dijital giriş.                             |
| I:2.0/5 | D blok sürekli lamba grubunun bağlı olduğu L1 fazına ait arıza kontrol girişi. |
| I:2.0/6 | D blok L2 fazına ait arıza kontrol girişi.                                     |
| I:2.0/7 | D blok L3 fazına ait arıza kontrol girişi                                      |
| O:3.0/0 | D blok sürekli lamba grubu için dijital çıkış.                                 |
| O:3.0/3 | D blok haberleşme kontrolü için dijital çıkış.                                 |
| O:3.0/7 | SLC 500 cihazının bataryasında düşük seviyeyi gösteren dijital çıkış.          |

**Tablo A.2 A-Bloktaki Dağınmık I/O'ların Giriş/Çıkış Adresleri**

| Adres   | Açıklama                                                                       |
|---------|--------------------------------------------------------------------------------|
| I:1.0/0 | A-B blok arası hareket bilgisi dijital giriş.                                  |
| I:1.0/1 | Tüm bloklardaki lambaları devreye alan dijital giriş.                          |
| I:1.0/2 | Tüm bloklardaki lambaları devreden çıkaran dijital giriş.                      |
| I:1.0/3 | A blok lambalarını devreye alan dijital giriş.                                 |
| I:1.1/0 | A blok lambalarını devreden çıkaran dijital giriş.                             |
| I:1.1/1 | A blok sürekli lamba grubunun bağlı olduğu L1 fazına ait arıza kontrol girişi. |
| I:1.1/2 | A blok 23 lamba grubunun bağlı olduğu L2 fazına ait arıza kontrol girişi.      |
| I:1.1/3 | A blok hareket lamba grubunun bağlı olduğu L3 fazına ait arıza kontrol girişi. |
| O:1.2/0 | A blok sürekli lamba grubu için dijital çıkış.                                 |
| O:1.2/1 | A blok 23 lamba grubu için dijital çıkış.                                      |
| O:1.2/2 | A blok hareket lamba grubu için dijital çıkış.                                 |
| O:1.2/3 | A blok haberleşme kontrolü için dijital çıkış.                                 |
| A0      | (Analog giriş) Güneş pilinden alınan analog gerilim girişi (Aydınlık düzeyi)   |
| A1      | (Analog giriş) A blok SUR lamba grubu hattından geçen akım değeri.             |

**Tablo A.3 B-Bloktaki Dağınmık I/O'ların Giriş/Çıkış Adresleri**

| Adres    | Açıklama                                                                       |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|
| I:1.8/1  | Tüm bloklardaki lambaları devreye alan dijital giriş.                          |
| I:1.8/2  | Tüm bloklardaki lambaları devreden çıkaran dijital giriş.                      |
| I:1.8/3  | B blok lambalarını devreye alan dijital giriş.                                 |
| I:1.9/0  | B blok lambalarını devreden çıkaran dijital giriş.                             |
| I:1.9/1  | B blok sürekli lamba grubunun bağlı olduğu L1 fazına ait arıza kontrol girişi. |
| I:1.9/2  | B blok 23 lamba grubunun bağlı olduğu L2 fazına ait arıza kontrol girişi.      |
| I:1.9/3  | B blok hareket lamba grubunun bağlı olduğu L3 fazına ait arıza kontrol girişi. |
| O:1.10/0 | B blok sürekli lamba grubu için dijital çıkış.                                 |
| O:1.10/1 | B blok 23 lamba grubu için dijital çıkış.                                      |
| O:1.10/2 | B blok hareket lamba grubu için dijital çıkış.                                 |
| O:1.10/3 | B blok haberleşme kontrolü için dijital çıkış.                                 |

**Tablo A.4 E-Bloktaki Dağınmık I/O'ların Giriş/Çıkış Adresleri**

| Adres   | Açıklama                                                                          |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| I:1.4/0 | E blok hareket bilgisi dijital giriş.                                             |
| I:1.4/1 | Tüm bloklardaki lambaları devreye alan dijital giriş                              |
| I:1.4/2 | Tüm bloklardaki lambaları devreden çıkaran dijital giriş                          |
| I:1.4/3 | E blok lambalarını devreye alan dijital giriş                                     |
| I:1.5/0 | E blok lambalarını devreden çıkaran dijital giriş                                 |
| I:1.5/1 | E blok sürekli lamba grubunun bağlı olduğu L1 fazına ait arıza kontrol girişi.    |
| I:1.5/2 | E blok 23/hareket lamba grubunun bağlı olduğu L2 fazına ait arıza kontrol girişi. |
| O:1.6/0 | E blok sürekli lamba grubu için dijital çıkış                                     |
| O:1.6/1 | E blok 23/hareket lamba grubu için dijital çıkış                                  |
| O:1.6/3 | E blok haberleşme kontrolü için dijital çıkış                                     |

**Tablo A.5 C-Bloktaki Dağılık I/O'ların Giriş/Çıkış Adresleri**

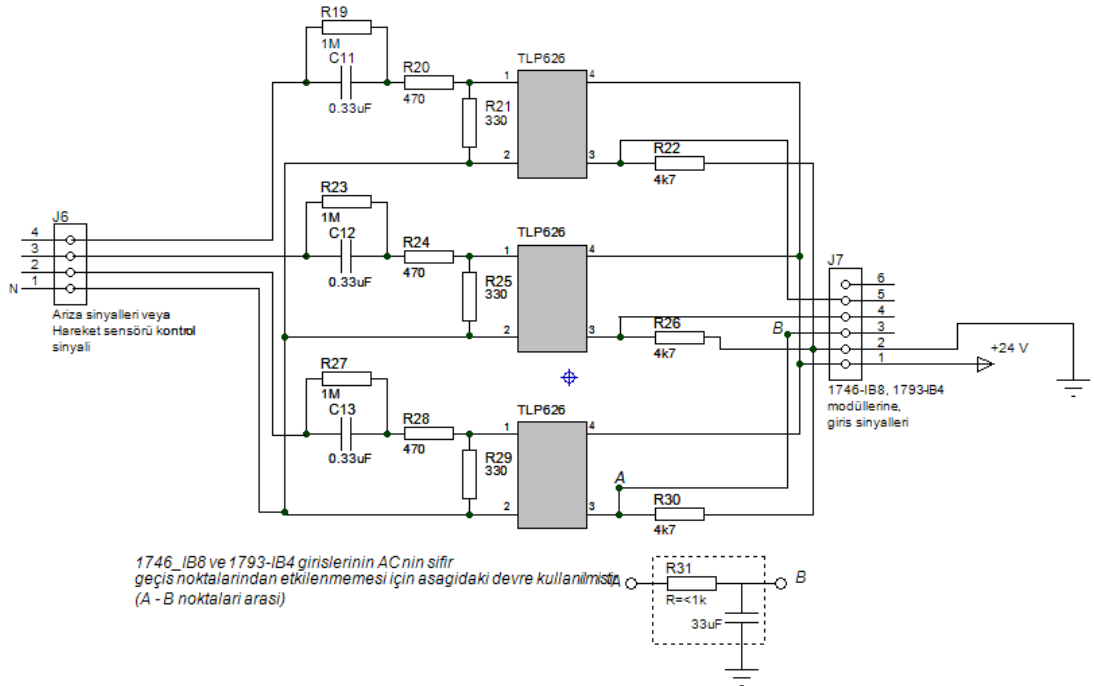
| Adres    | Açıklama                                                                       |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------|
| I:1.12/0 | B-C blok arası hareket bilgisi dijital giriş.                                  |
| I:1.12/1 | Tüm bloklardaki lambaları devreye alan dijital giriş.                          |
| I:1.12/2 | Tüm bloklardaki lambaları devreden çıkaran dijital giriş.                      |
| I:1.12/3 | C blok lambalarını devreye alan dijital giriş.                                 |
| I:1.13/0 | C blok lambalarını devreden çıkaran dijital giriş.                             |
| I:1.13/1 | C blok sürekli lamba grubunun bağlı olduğu L1 fazına ait arıza kontrol girişi. |
| I:1.13/2 | C blok 23 lamba grubunun bağlı olduğu L2 fazına ait arıza kontrol girişi.      |
| I:1.13/3 | C blok hareket lamba grubunun bağlı olduğu L3 fazına ait arıza kontrol girişi. |
| O:1.14/0 | C blok sürekli lamba grubu için dijital çıkış.                                 |
| O:1.14/1 | C blok 23 lamba grubu için dijital çıkış.                                      |
| O:1.14/2 | C blok hareket lamba grubu için dijital çıkış.                                 |
| O:1.14/3 | C blok haberleşme kontrolü için dijital çıkış.                                 |



## EK B

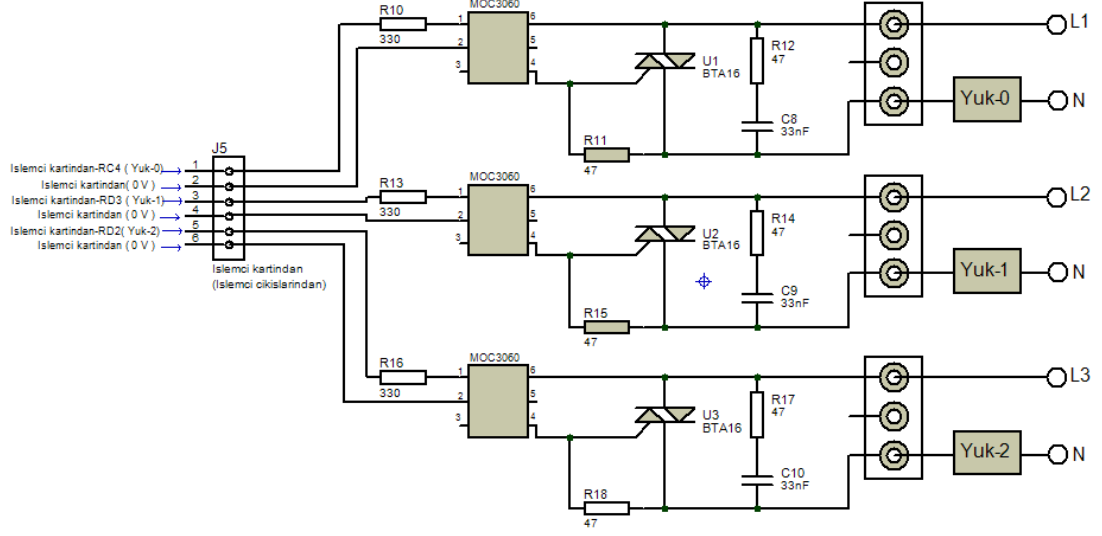
### MİKRODENETLEYİCİ, ARIZA VE GÜÇ KARTLARI DEVRE ŞEMALARI

DAKS'da US tabanlı zeki kontrol noktası oluşturmak için gerçekleştirilen mikrodenetleyici kartı, lamba gruplarını sürmek için kullanılan güç kartı ve lamba gruplarının bağlı olduğu hatlardaki arıza durumunu tespit etmek için tasarlanan arıza kartı devre şemaları aşağıda verilmiştir.



şekil B.1 Lamba Grupları Hat Arızası Tespit Devresi



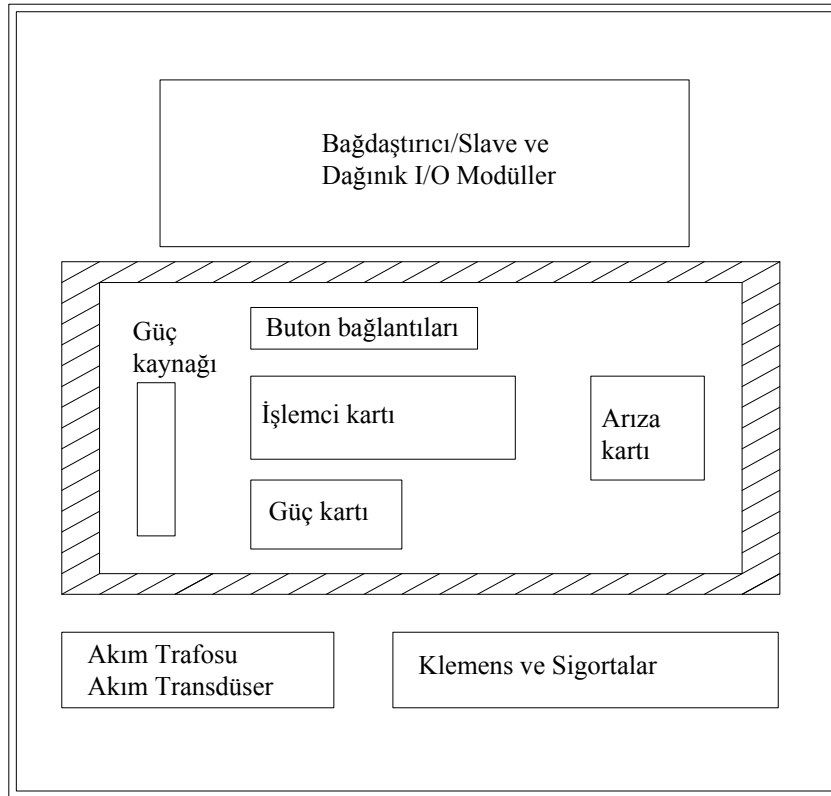


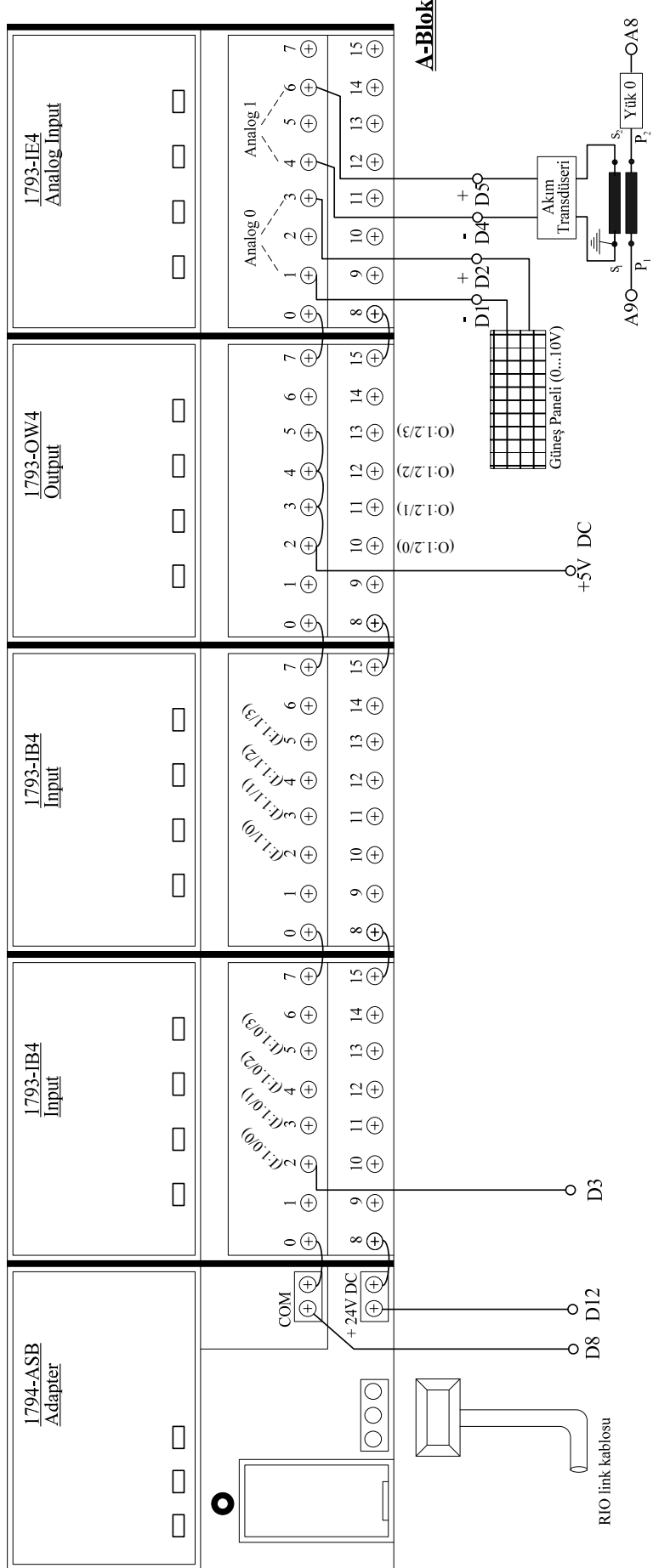
Şekil B.3 Lamba Grupları Sürücü Devresi

## EK C

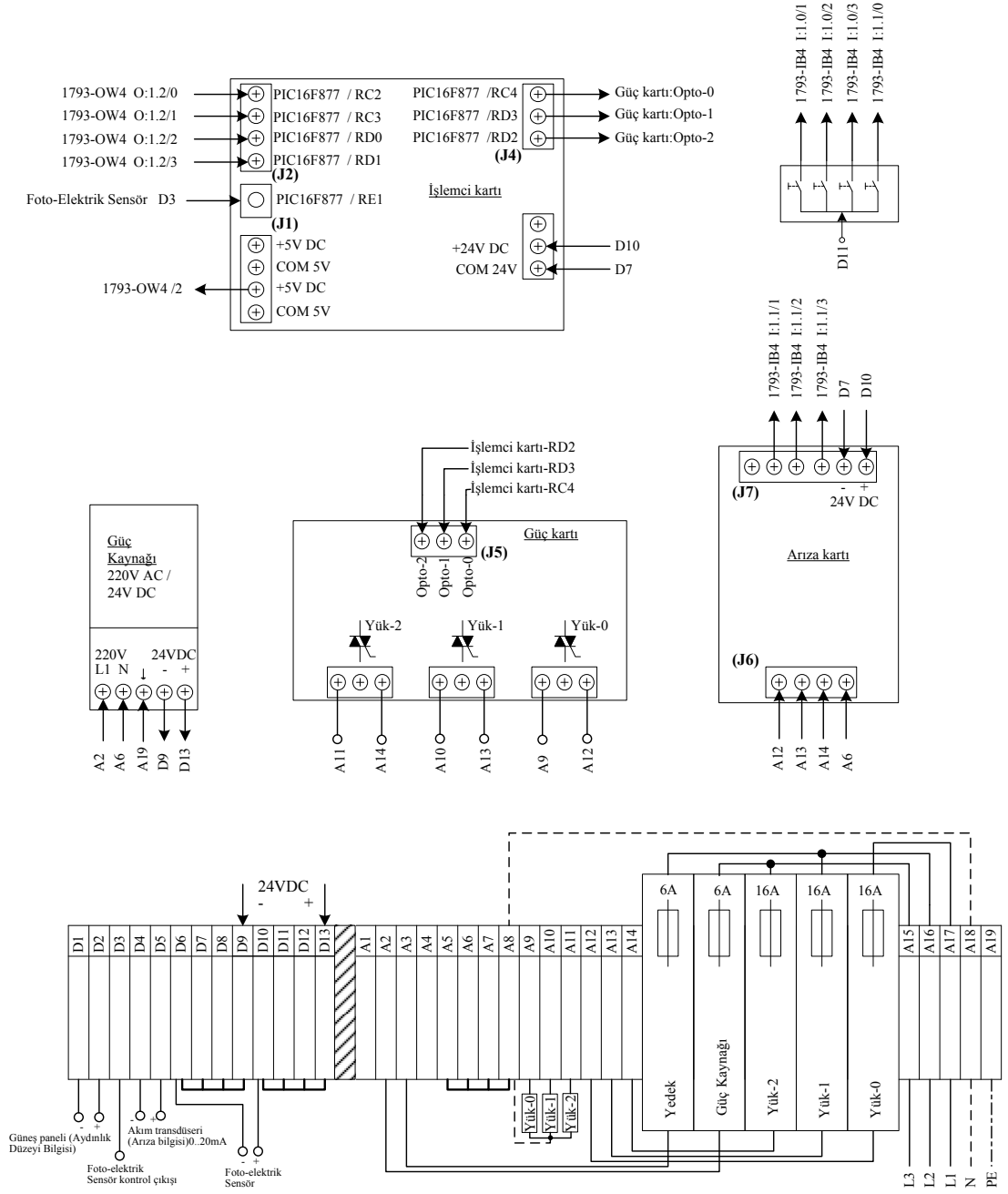
### A BLOK KONTROL PANOSU BAĞLANTI ŞEMALARI

DAKS’da oluşturan donanımların montaj edildiği kontrol panolarından A bloktaki pano içi yerleşim planları, bağdaştırıcı/slave ve dağıtık I/O bağlantıları aşağıda verilmiştir.





Şekil C.2 A Blok Bağdaştırıcı/Slave ve Dağınmık I/O Bağlantıları



**Şekil C.3 A-Blok Kontrol Panosu Klemens ve Kart Bağlantıları**

**Tablo C.1 A-Blok Kontrol Panosu Klemens Bağlantı Uçları**

| Klemens No | Açıklama                                                                            |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| D1         | Güneş panelinden alınan analog gerilim bilgisi (-)                                  |
| D2         | Güneş panelinden alınan güneş panelinden bilgisi (+)                                |
| D3         | A ile B blok arasına yerleştirilen foto-elektrik sensörünün kontrol ucu             |
| D4         | Akım Transdüseri.                                                                   |
| D5         | Akım Transdüseri.                                                                   |
| D6         | COM 24V                                                                             |
| D7         | İşlemci kartı ve Arıza kartı için COM 24V                                           |
| D8         | 1794-ASB Adapter modülü COM 24V                                                     |
| D9         | DC Güç kaynağından COM 24V                                                          |
| D10        | İşlemci kartı ve Arıza kartı için + 24V DC                                          |
| D11        | Buton bağlantılarına + 24V DC                                                       |
| D12        | 1794-ASB Adapter modülü + 24V DC                                                    |
| D13        | DC Güç kaynağından+ 24V DC                                                          |
| A1         | Bağlantı yok.                                                                       |
| A2         | DC Güç kaynağının giriş gerilimi 220V AC faz bağlantı klemensi                      |
| A3         | Yedek ( 220V AC - 6A)                                                               |
| A4         | Bağlantı yok.                                                                       |
| A5         | Nötr (N) bağlantı klemensi                                                          |
| A6         | DC Güç kaynağının girişi ve Arıza kartı için nötr bağlantı klemensi                 |
| A7         | Nötr (N) bağlantı klemensi                                                          |
| A8         | Nötr (N) bağlantı klemensi ve yüklerin nötr ucu                                     |
| A9         | Yük-0 ( Sürekli lamba grubunun bağlantı noktası )                                   |
| A10        | Yük-1 ( 23 lamba grubunun bağlantı noktası )                                        |
| A11        | Yük-2 ( Hareket lamba grubunun bağlantı noktası )                                   |
| A12        | Yük-0 ( Sürekli lamba grubunu sürecekt anahtarlama elemanı için faz giriş noktası ) |
| A13        | Yük-1 ( 23 lamba grubunu sürecekt anahtarlama elemanı için faz giriş noktası )      |
| A14        | Yük-2 ( Hareket lamba grubunu sürecekt anahtarlama eleman için faz giriş noktası )  |
| A15        | L3 faz girişi                                                                       |
| A16        | L2 faz girişi                                                                       |
| A17        | L1 faz girişi                                                                       |
| A18        | N (Mp) nötr girişi                                                                  |
| A19        | PE Koruma iletkeni girişi.                                                          |

## EK D

### MEGZUS'DA GERÇEK ZAMANLI KONTROL VE İZLEME İÇİN US KURAL TABANI

GEZKİ için If...Then kurallarıyla tasarlanan US'un kural tabanı 102 adet kuraldan oluşmaktadır. IF kısmında değişkenler mantık bağlaçları ile birleşmiş cümlelerden oluşturulan varsayım kısmıdır. THEN kısmında her kurala ait denetim davranışının sayısal değeri veya açıklama cümlesinden oluşmaktadır. Bu sayısal değerler ve açıklama cümleleri, çıkarım mekanizması değişkenine atanmıştır.

Aşağıda, Bölüm III.4.1.2'de verilen her bir çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar gruplandırılmıştır.

Kuralların *if* kısmı, yılın ilk dört ayı için uygun gerçek zaman dilimini belirleyen değişkenler arasındaki ilişkiler *ve*, *veya* gibi mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmındaki sayısal değer *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZAMAN1* çıkarım mekanizması değişkeni atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

- 1 **IF** ( system\Month==1 ) and (system\DayOfMonth >= 1) and (system\DayOfMonth <= 5) and ( ((system\Hour==16) and (system\Minute >= 55)) or (system\Hour >= 17 ) or (system\Hour <= 6 ) or ( (system\Hour==7) and ( ( system\Minute <= 22)) ) **THEN** 1 else
- 2 **IF** ( system\Month==1 ) and (system\DayOfMonth >= 6) and (system\DayOfMonth <= 10) and ( ((system\Hour==16) and (system\Minute == 59)) or (system\Hour >= 17 ) or (system\Hour <= 6 ) or ( (system\Hour==7) and (system\Minute <= 22)) )**THEN** 1 else
- 3 **IF** ( system\Month==1 ) and (system\DayOfMonth >= 11) and (system\DayOfMonth <= 15) and ( ((system\Hour==17) and (system\Minute >= 4)) or (system\Hour >= 18 ) or (system\Hour <= 6 ) or ( (system\Hour==7) and (system\Minute <= 21)) ) **THEN** 1 else
- 4 **IF** ( system\Month==1 ) and (system\DayOfMonth >= 16) and (system\DayOfMonth <= 20) and ( ((system\Hour==17) and (system\Minute >= 10)) or (system\Hour >= 18 ) or (system\Hour <= 6 ) or ( (system\Hour==7) and (system\Minute <= 20)) ) **THEN** 1 else



5    **IF** ( system\Month==1 ) and (system\DayOfMonth >= 21) and (system\DayOfMonth <= 25)  
     and ( ((system\Hour==17) and (system\Minute >= 16)) or (system\Hour >= 18 ) or  
     (system\Hour <= 6) or ( (system\Hour==7) and (system\Minute <= 17)) ) **THEN** 1 else

6    **IF** ( system\Month==1 ) and (system\DayOfMonth >= 26) and (system\DayOfMonth <= 31)  
     and ( ((system\Hour==17) and (system\Minute >= 22)) or (system\Hour >= 18 ) or  
     (system\Hour <= 6) or ( (system\Hour==7) and (system\Minute <= 14)) ) **THEN** 1 else

7    **IF** ( system\Month==2 ) and (system\DayOfMonth >= 1) and (system\DayOfMonth <= 5)  
     and ( ((system\Hour==17) and (system\Minute >= 29)) or (system\Hour >= 18 ) or  
     (system\Hour <= 6) or ( (system\Hour==7) and (system\Minute <= 8)) ) **THEN** 1 else

8    **IF** ( system\Month==2 ) and (system\DayOfMonth >= 6) and (system\DayOfMonth <= 10)  
     and ( ((system\Hour==17) and (system\Minute >= 35)) or (system\Hour >= 18 ) or  
     (system\Hour <= 6) or ( (system\Hour==7) and (system\Minute <= 3)) ) **THEN** 1 else

9    **IF** ( system\Month==2 ) and (system\DayOfMonth >= 11) and (system\DayOfMonth <= 15)  
     and ( ((system\Hour==17) and (system\Minute >= 42)) or (system\Hour >= 18 ) or  
     (system\Hour <= 5) or( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 57)) ) **THEN** 1 else

10   **IF** ( system\Month==2 ) and (system\DayOfMonth >= 16) and (system\DayOfMonth <= 20)  
     and ( ((system\Hour==17) and (system\Minute >= 48)) or (system\Hour >= 18 ) or  
     (system\Hour <= 5) or( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 51)) ) **THEN** 1 else

11   **IF** ( system\Month==2 ) and (system\DayOfMonth >= 21) and (system\DayOfMonth <= 25)  
     and ( ((system\Hour==17) and (system\Minute >= 54)) or (system\Hour >= 18 ) or  
     (system\Hour <= 5) or( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 42)) ) **THEN** 1 else

12   **IF** ( system\Month==2 ) and (system\DayOfMonth >= 26) and (system\DayOfMonth <= 29)  
     and ( ((system\Hour==18) and (system\Minute >= 01)) or (system\Hour >= 19 ) or  
     (system\Hour <= 5) or ( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 36)) ) **THEN** 1 else

13   **IF** ( system\Month==3 ) and (system\DayOfMonth >= 1) and (system\DayOfMonth <= 5)  
     and ( ((system\Hour==18) and (system\Minute >= 03)) or (system\Hour >= 19 ) or  
     (system\Hour <= 5) or ( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 32)) ) **THEN** 1 else

14   **IF** ( system\Month==3 ) and (system\DayOfMonth >= 6) and (system\DayOfMonth <= 10)  
     and ( ((system\Hour==18) and (system\Minute >= 09)) or (system\Hour >= 19 ) or  
     (system\Hour <= 5) or ( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 22)) ) **THEN** 1 else

15   **IF** ( system\Month==3 ) and (system\DayOfMonth >= 11) and (system\DayOfMonth <= 15)  
     and ( ((system\Hour==18) and (system\Minute >= 14)) or (system\Hour >= 19 ) or  
     (system\Hour <= 5) or ( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 16)) ) **THEN** 1 else

16   **IF** ( system\Month==3 ) and (system\DayOfMonth >= 16) and (system\DayOfMonth <= 20)  
     and ( ((system\Hour==18) and (system\Minute >= 20)) or (system\Hour >= 19 ) or  
     (system\Hour <= 5) or ( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 8)) ) **THEN** 1 else

17   **IF** ( system\Month==3 ) and (system\DayOfMonth >= 21) and (system\DayOfMonth <= 23)  
     and ( ((system\Hour==18) and (system\Minute >= 25)) or (system\Hour >= 19 ) or  
     (system\Hour <= 4) or ( (system\Hour==5) and (system\Minute <= 59)) ) **THEN** 1 else

- 18 **IF** ( system\Month==3 ) and (system\DayOfMonth >= 24) and (system\DayOfMonth <= 31)  
and (((system\Hour==aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\N7\_12\_Mart)  
and(system\Minute >= 29))  
or (system\Hour >= aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\N7\_13\_Mart )  
or(system\Hour <= aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\N7\_14\_Mart )  
or ( (system\Hour==aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\N7\_15\_Mart)  
and (system\Minute <= 53)) ) **THEN** 1 else
- 19 **IF** ( system\Month==4 ) and (system\DayOfMonth >= 1) and (system\DayOfMonth <= 5)  
and ( ((system\Hour==19) and (system\Minute >= 37)) or (system\Hour >= 20 ) or  
(system\Hour <= 5 ) or ( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 41)) ) **THEN** 1 else
- 20 **IF** ( system\Month==4 ) and (system\DayOfMonth >= 6) and (system\DayOfMonth <= 10)  
and ( ((system\Hour==19) and (system\Minute >= 43)) or (system\Hour >= 20 ) or  
(system\Hour <= 5 ) or ( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 32)) ) **THEN** 1 else
- 21 **IF** ( system\Month==4 ) and (system\DayOfMonth >= 11) and (system\DayOfMonth <= 15)  
and ( ((system\Hour==19) and (system\Minute >= 48)) or (system\Hour >= 20 ) or  
(system\Hour <= 5 ) or ( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 24)) ) **THEN** 1 else
- 22 **IF** ( system\Month==4 ) and (system\DayOfMonth >= 16) and (system\DayOfMonth <= 20)  
and ( ((system\Hour==19) and (system\Minute >= 53)) or (system\Hour >= 20 ) or  
(system\Hour <= 5 ) or ( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 17)) ) **THEN** 1 else
- 23 **IF** ( system\Month==4 ) and (system\DayOfMonth >= 21) and (system\DayOfMonth <= 25)  
and ( ((system\Hour==19) and (system\Minute >= 59)) or (system\Hour >= 20 ) or  
(system\Hour <= 5 ) or ( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 9)) ) **THEN** 1 else
- 24 **IF** ( system\Month==4 ) and (system\DayOfMonth >= 26) and (system\DayOfMonth <= 30)  
and ( ((system\Hour==20) and (system\Minute >= 3)) or (system\Hour >= 21 ) or  
(system\Hour <= 5 ) or ( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 3)) ) **THEN** 1 else 0

Kuralların *if* kısmı, yılın ikinci dört ayı için uygun gerçek zaman dilimini belirleyen değişkenler arasındaki ilişkiler *ve*, *veya* gibi mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmındaki sayısal değer *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZAMAN2* çıkarım mekanizması değişkeni atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

- 25 **IF** ( system\Month==5 ) and (system\DayOfMonth >= 1) and (system\DayOfMonth <= 5)  
and ( ((system\Hour==20) and (system\Minute >= 9)) or (system\Hour >= 21 ) or  
(system\Hour <= 4 ) or ( (system\Hour==5) and (system\Minute <= 55)) ) **THEN** 1 else
- 26 **IF** ( system\Month==5 ) and (system\DayOfMonth >= 6) and (system\DayOfMonth <= 10)  
and ( ((system\Hour==20) and (system\Minute >= 14)) or (system\Hour >= 21 ) or  
(system\Hour <= 4 ) or ( (system\Hour==5) and (system\Minute <= 49)) ) **THEN** 1 else
- 27 **IF** ( system\Month==5 ) and (system\DayOfMonth >= 11) and (system\DayOfMonth <= 15)  
and ( ((system\Hour==20) and (system\Minute >= 20)) or (system\Hour >= 21 ) or  
(system\Hour <= 4 ) or ( (system\Hour==5) and (system\Minute <= 43)) ) **THEN** 1 else

[illegible]

- 41 **IF** ( system\Month==7 ) and (system\DayOfMonth >= 21) and (system\DayOfMonth <= 25)  
and ( ((system\Hour==20) and (system\Minute >= 37)) or (system\Hour >= 21 ) or  
(system\Hour <= 4 ) or( (system\Hour==5) and (system\Minute <= 46)) ) **THEN** 1 else
- 42 **IF** ( system\Month==7 ) and (system\DayOfMonth >= 26) and (system\DayOfMonth <= 31)  
and ( ((system\Hour==20) and (system\Minute >= 31)) or (system\Hour >= 21 ) or  
(system\Hour <= 4 ) or( (system\Hour==5) and (system\Minute <= 52)) ) **THEN** 1 else
- 43 **IF** ( system\Month==8 ) and (system\DayOfMonth >= 1) and (system\DayOfMonth <= 5)  
and ( ((system\Hour==20) and (system\Minute >= 25)) or (system\Hour >= 21 ) or  
(system\Hour <= 4 ) or( (system\Hour==5) and (system\Minute <= 57)) ) **THEN** 1 else
- 44 **IF** ( system\Month==8 ) and (system\DayOfMonth >= 6) and (system\DayOfMonth <= 10)  
and ( ((system\Hour==20) and (system\Minute >= 19)) or (system\Hour >= 21 ) or  
(system\Hour <= 5 ) or( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 2)) ) **THEN** 1 else
- 45 **IF** ( system\Month==8 ) and (system\DayOfMonth >= 11) and (system\DayOfMonth <= 15)  
and ( ((system\Hour==20) and (system\Minute >= 12)) or (system\Hour >= 21 ) or  
(system\Hour <= 5 ) or( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 7)) ) **THEN** 1 else
- 46 **IF** ( system\Month==8 ) and (system\DayOfMonth >= 16) and (system\DayOfMonth <= 20)  
and ( ((system\Hour==20) and (system\Minute >= 5)) or (system\Hour >= 21 ) or  
(system\Hour <= 5 ) or( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 12)) ) **THEN** 1 else
- 47 **IF** ( system\Month==8 ) and (system\DayOfMonth >= 21) and (system\DayOfMonth <= 25)  
and ( ((system\Hour==19) and (system\Minute >= 58)) or (system\Hour >= 20 ) or  
(system\Hour <= 5 ) or( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 17)) ) **THEN** 1 else
- 48 **IF** ( system\Month==8 ) and (system\DayOfMonth >= 26) and (system\DayOfMonth <= 31)  
and ( ((system\Hour==19) and (system\Minute >= 49)) or (system\Hour >= 20 ) or  
(system\Hour <= 5 ) or( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 23)) ) **THEN** 1 else 0

Kuralların *if* kısmı, yılın son dört ayı için uygun gerçek zaman dilimini belirleyen değişkenler arasındaki ilişkiler *ve*, *veya* gibi mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmındaki sayısal değer *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZAMAN3* çıkarım mekanizması değişkeni atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

- 49 **IF** ( system\Month==9 ) and (system\DayOfMonth >= 1) and (system\DayOfMonth <= 5)  
and ( ((system\Hour==19) and (system\Minute >= 40)) or (system\Hour >= 20 ) or  
(system\Hour <= 5 ) or( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 28)) ) **THEN** 1 else
- 50 **IF** ( system\Month==9 ) and (system\DayOfMonth >= 6) and (system\DayOfMonth <= 10)  
and ( ((system\Hour==19) and (system\Minute >= 32)) or (system\Hour >= 20 ) or  
(system\Hour <= 5 ) or( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 32)) ) **THEN** 1 else
- 51 **IF** ( system\Month==9 ) and (system\DayOfMonth >= 11) and (system\DayOfMonth <= 15)  
and ( ((system\Hour==19) and (system\Minute >= 24)) or (system\Hour >= 20 ) or  
(system\Hour <= 5 ) or( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 37)) ) **THEN** 1 else

52 **IF** ( system\Month==9 ) and (system\DayOfMonth >= 16) and (system\DayOfMonth <= 20)  
and ( ((system\Hour==19) and (system\Minute >= 15)) or (system\Hour >= 20 ) or  
(system\Hour <= 5 ) or( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 42)) ) **THEN** 1 else

53 **IF** ( system\Month==9 ) and (system\DayOfMonth >= 21) and (system\DayOfMonth <= 25)  
and ( ((system\Hour==19) and (system\Minute >= 6)) or (system\Hour >= 20 ) or  
(system\Hour <= 5 ) or( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 47)) ) **THEN** 1 else

54 **IF** ( system\Month==9 ) and (system\DayOfMonth >= 26) and (system\DayOfMonth <= 30)  
and ( ((system\Hour==18) and (system\Minute >= 58)) or (system\Hour >= 19 ) or  
(system\Hour <= 5 ) or( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 52)) ) **THEN** 1 else

55 **IF** ( system\Month==10 ) and (system\DayOfMonth >= 1) and (system\DayOfMonth <= 5)  
and ( ((system\Hour==18) and (system\Minute >= 50)) or (system\Hour >= 19 ) or  
(system\Hour <= 5 ) or( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 58)) ) **THEN** 1 else

56 **IF** ( system\Month==10 ) and (system\DayOfMonth >= 6) and (system\DayOfMonth <= 10)  
and ( ((system\Hour==18) and (system\Minute >= 41)) or (system\Hour >= 19 ) or  
(system\Hour <= 6 ) or( (system\Hour==7) and (system\Minute <= 3)) ) **THEN** 1 else

57 **IF** ( system\Month==10 ) and (system\DayOfMonth >= 11) and (system\DayOfMonth <= 15)  
and ( ((system\Hour==18) and (system\Minute >= 34)) or (system\Hour >= 19 ) or  
(system\Hour <= 6 ) or( (system\Hour==7) and (system\Minute <= 8)) ) **THEN** 1 else

58 **IF** ( system\Month==10 ) and (system\DayOfMonth >= 16) and (system\DayOfMonth <= 20)  
and ( ((system\Hour==18) and (system\Minute >= 26)) or (system\Hour >= 19 ) or  
(system\Hour <= 6 ) or( (system\Hour==7) and (system\Minute <= 14)) ) **THEN** 1 else

59 **IF** ( system\Month==10 ) and (system\DayOfMonth >= 21) and (system\DayOfMonth <= 23)  
and ( ((system\Hour==18) and (system\Minute >= 22)) or (system\Hour >= 19 ) or  
(system\Hour <= 6 ) or( (system\Hour==7) and (system\Minute <= 17)) ) **THEN** 1 else

60 **IF** ( system\Month==10 ) and (system\DayOfMonth >= 24) and (system\DayOfMonth <= 31)  
and ( ((system\Hour==aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\N7\_16\_Ekim)  
and (system\Minute >= 11))  
or (system\Hour >= aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\N7\_17\_Ekim )  
or (system\Hour <= aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\N7\_18\_Ekim )  
or ( (system\Hour==aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\N7\_19\_Ekim)  
and (system\Minute <= 27)) ) **THEN** 1 else

61 **IF** ( system\Month==11 ) and (system\DayOfMonth >= 1) and (system\DayOfMonth <= 5)  
and ( ((system\Hour==17) and (system\Minute >= 05)) or (system\Hour >= 18 )  
or (system\Hour <= 5 ) or ( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 32)) ) **THEN** 1 else

62 **IF** ( system\Month==11 ) and (system\DayOfMonth >= 6) and (system\DayOfMonth <= 10)  
and ( ((system\Hour==17) and (system\Minute >= 01)) or (system\Hour >= 18 )  
or(system\Hour <= 5 ) or ( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 38)) ) **THEN** 1 else

63 **IF** ( system\Month==11 ) and (system\DayOfMonth >= 11) and (system\DayOfMonth <= 15)  
and ( ((system\Hour==16) and (system\Minute >= 55)) or (system\Hour >= 17 )  
or (system\Hour <= 5 ) or ( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 44)) ) **THEN** 1 else

64 **IF** ( system\Month==11 ) and (system\DayOfMonth >= 16) and (system\DayOfMonth <= 20)  
and ( ((system\Hour==16) and (system\Minute >= 51)) or (system\Hour >= 17 )  
or (system\Hour <= 5 ) or ( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 50)) ) **THEN** 1 else  
65 **IF** ( system\Month==11 ) and (system\DayOfMonth >= 21) and (system\DayOfMonth <= 25)  
and ( ((system\Hour==16) and (system\Minute >= 48)) or (system\Hour >= 17 )  
or (system\Hour <= 5 ) or ( (system\Hour==6) and (system\Minute <= 56)) ) **THEN** 1 else  
66 **IF** ( system\Month==11 ) and (system\DayOfMonth >= 26) and (system\DayOfMonth <= 30)  
and ( ((system\Hour==16) and (system\Minute >= 46)) or (system\Hour >= 17 )  
or (system\Hour <= 6 ) or ( (system\Hour==7) and (system\Minute <= 1)) ) **THEN** 1 else  
67 **IF** ( system\Month==12 ) and (system\DayOfMonth >= 1) and (system\DayOfMonth <= 5)  
and ( ((system\Hour==16) and (system\Minute >= 45)) or (system\Hour >= 17 )  
or (system\Hour <= 6 ) or ( (system\Hour==7) and (system\Minute <= 6)) ) **THEN** 1 else  
68 **IF** ( system\Month==12 ) and (system\DayOfMonth >= 6) and (system\DayOfMonth <= 10)  
and ( ((system\Hour==16) and (system\Minute >= 45)) or (system\Hour >= 17 )  
or (system\Hour <= 6 ) or ( (system\Hour==7) and (system\Minute <= 11)) ) **THEN** 1 else  
69 **IF** ( system\Month==12 ) and (system\DayOfMonth >= 11) and (system\DayOfMonth <= 15)  
and ( ((system\Hour==16) and (system\Minute >= 45)) or (system\Hour >= 17 )  
or (system\Hour <= 6 ) or ( (system\Hour==7) and (system\Minute <= 15)) ) **THEN** 1 else  
70 **IF** ( system\Month==12 ) and (system\DayOfMonth >= 16) and (system\DayOfMonth <= 20)  
and ( ((system\Hour==16) and (system\Minute >= 46)) or (system\Hour >= 17 )  
or (system\Hour <= 6 ) or ( (system\Hour==7) and (system\Minute <= 18)) ) **THEN** 1 else  
71 **IF** ( system\Month==12 ) and (system\DayOfMonth >= 21) and (system\DayOfMonth <= 25)  
and ( ((system\Hour==16) and (system\Minute >= 47)) or (system\Hour >= 17 )  
or (system\Hour <= 6 ) or ( (system\Hour==7) and (system\Minute <= 20)) ) **THEN** 1 else  
72 **IF** ( system\Month==12 ) and (system\DayOfMonth >= 26) and (system\DayOfMonth <= 31)  
and ( ((system\Hour==16) and (system\Minute >= 50)) or (system\Hour >= 17 )  
or (system\Hour <= 6 ) or ( (system\Hour==7) and (system\Minute <= 21)) ) **THEN** 1 else 0

Kuralların *if* kısmı on iki aylık dönem için uygun gerçek zaman dilimini belirleyen değişkenler arasındaki ilişkiler veya mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümleden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmındaki sayısal değer *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZAMAN* çıkarım mekanizması değişkeni atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

73 **IF** ((aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZAMAN1==1 )  
or (aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZAMAN2==1)  
or (aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZAMAN3==1)) **THEN** 1 else 0

Kuralların *if* kısmı, on iki aylık güvenli zaman dilimlerini belirleyen değişkenler arasındaki ilişkiler ve, veya gibi mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmındaki sayısal değer *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\Guvanlı\_ZAMAN* çıkarım mekanizması

değişkeni atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

```
74 IF ( system\Month==1 ) and ( ( system\Hour >= 18 ) or ( system\Hour <= 5 ) ) THEN 1 else
75 IF ( system\Month==2 ) and ( ( system\Hour >= 19 ) or ( system\Hour <= 5 ) ) THEN 1 else
76 IF ( system\Month==3 ) and ( ( system\Hour >= 20 ) or ( system\Hour <= 4 ) ) THEN 1 else
77 IF ( system\Month==4 ) and ( ( system\Hour >= 21 ) or ( system\Hour <= 4 ) ) THEN 1 else
    IF ( system\Month==5 ) and ( ( system\Hour >= 22 ) or ( system\Hour <= 3 )
78 or ((system\Hour==4) and (system\Minute <= 30)) ) THEN 1 else
79 IF ( system\Month==6 ) and ( ( system\Hour >= 22 ) or ( system\Hour <= 3 )
    or ((system\Hour==4) and (system\Minute <= 30)) ) THEN 1 else
80 IF ( system\Month==7 ) and ( ((system\Hour==21) and (system\Minute >= 30)) or
    (system\Hour >= 22 ) or (system\Hour <= 3 ) or ((system\Hour==4)
    and (system\Minute <= 30)) ) THEN 1 else
81 IF ( system\Month==8 ) and ( ( system\Hour >= 21 ) or ( system\Hour <= 4 ) ) THEN 1 else
82 IF ( system\Month==9 ) and ( ( system\Hour >= 21 ) or ( system\Hour <= 4 )
    or ((system\Hour==5) and (system\Minute <= 30)) ) THEN 1 else
83 IF ( system\Month==10 ) and ( ( system\Hour >= 20 ) or ( system\Hour <= 5 ) ) THEN 1 else
84 IF ( system\Month==11 ) and ( ( system\Hour >= 18 ) or ( system\Hour <= 4 )
    or ((system\Hour==5) and (system\Minute <= 30)) ) THEN 1 else
85 IF ( system\Month==12 ) and ( ( system\Hour >= 18 ) or ( system\Hour <= 5 ) ) THEN 1 else 0
```

Kuralların *if* kısmı, gerçek zaman ve/veya aydınlık düzeyi değerine göre lamba gruplarının devreye alınacağı ve devreden çıkarılacağını belirleyen değişkenler arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmındaki değer *aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\UZMAN\_L\_KONTROL* çıkarım mekanizması değişkeni atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

```
86 IF (aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZAMAN==1) and
    (aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\gecikme2==1) THEN 1 else
87 IF ( aydinlatma\analog\N7_8_gunisigi <= 3120 )
    and (aydinlatma\analog\N7_8_gunisigi >= 312 )
    and (aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\gecikme2==1) THEN 1 else
88 IF ( aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\Guvanlı_ZAMAN==1 ) THEN 1 else 0
```

Aşağıdaki kurallarda lamba gruplarının izlenmesi ve uyarılar için yazılan kurallar görülmektedir:

*aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZamanVeGunisigi* çıkarım

mekanizması değişkeni için kurallar:

```
89 IF (aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZAMAN==0)
    And ( aydinlatma\analog\N7_8_gunisigi < 3120 )
    THEN aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZamanUygunDegilGunisigiCokDusuk else
```

90 **IF** ( aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZAMAN==1)  
and (aydinlatma\analog\N7\_8\_gunisigi > 5500 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\ZamanUygunGunisigiCokYuksek  
else aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\GunesPaneliNormalCalisiyor  
aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\A\_SUR\_Lamba çıkarım mekanizması  
değişkeni için kural:

91 **IF** ( aydinlatma\output\O\_1\_2\_0==1 ) and (aydinlatma\akim\F8\_6 >= 1.30)  
and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_12==0) **THEN** 1 else 0  
aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\A\_23\_Lamba çıkarım mekanizması  
değişkeni için kural:

92 **IF** ( aydinlatma\output\O\_1\_2\_1==1 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_13==0) **THEN** 1 else 0  
aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\A\_HR\_Lamba çıkarım mekanizması  
değişkeni için kural:

93 **IF** ( aydinlatma\output\O\_1\_2\_2==1 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_14==0) **THEN** 1 else 0  
aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\B\_SUR\_Lamba çıkarım mekanizması  
değişkeni için kural:

94 **IF** ( aydinlatma\output\O\_1\_10\_0==1 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_15==0) **THEN** 1 else 0  
aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\B\_23\_Lamba çıkarım mekanizması  
değişkeni için kural:

95 **IF** ( aydinlatma\output\O\_1\_10\_1==1 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_7\_0==0) **THEN** 1 else 0  
aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\B\_HR\_Lamba çıkarım mekanizması  
değişkeni için kural:

96 **IF** ( aydinlatma\output\O\_1\_10\_2==1 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_7\_1==0) **THEN** 1 else 0  
aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\C\_SUR\_Lamba çıkarım mekanizması  
değişkeni için kural:

97 **IF** ( aydinlatma\output\O\_1\_14\_0==1 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_7\_2==0) **THEN** 1 else 0  
aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\C\_23\_Lamba çıkarım mekanizması  
değişkeni için kural:

98 **IF** ( aydinlatma\output\O\_1\_14\_1==1 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_7\_3==0) **THEN** 1 else 0  
aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\C\_HR\_Lamba çıkarım mekanizması  
değişkeni için kural:

99 **IF** ( aydinlatma\output\O\_1\_14\_2==1 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_7\_4==0) **THEN** 1 else 0  
aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\D\_SUR\_Lamba çıkarım mekanizması  
değişkeni için kural:

100 **IF** ( aydinlatma\output\O\_3\_0\_0==1 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_9==0) **THEN** 1 else 0  
aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\E\_SUR\_Lamba çıkarım mekanizması



değişkeni için kural:

101 **IF** ( aydinlatma\output\O\_1\_6\_0==1 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_7\_5==0) **THEN** 1 else 0  
*aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\E\_23\_HR\_Lamba* çıkarım

mekanizması değişkeni için kural:

102 **IF** ( aydinlatma\output\O\_1\_6\_1==1 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_6==0) **THEN** 1 else 0  
*aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\gecikme1* çıkarım mekanizması

değişkeni için kural:

103 **IF** ( (aydinlatma\analog\N7\_8\_gunisigi <= 4680) )  
and ( ((system\Second >= 5) and (system\Second <= 7))  
or (aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\gecikme1==1) ) **THEN** 1 else 0  
*aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\gecikme2* çıkarım mekanizması

değişkeni için kural:

104 **if** ( aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\gecikme1==1 ) and ( ((system\Second >= 2)  
and (system\Second <= 4))  
or (aydinlatma\dahiliuzman\LambaKontrol\gecikme2==1) ) **then** 1 else 0

## EK E

### MEGZUS'DA GERÇEK ZAMANLI LAMBA ARIZA TEŞHİS İÇİN US KURAL TABANI

GEZLAT için If...Then kurallarıyla tasarlanan US'un kural tabanı 19 adet kuraldan oluşmaktadır. IF kısmında değişkenler mantık bağlaçları ile birleşmiş cümlelerden oluşturulan varsayım kısmıdır. THEN kısmında her kurala ait denetim davranışının sayısal değeri veya açıklama cümlesinden oluşmaktadır. Bu sayısal değerler ve açıklama cümleleri, çıkarım mekanizması değişkenine atanmıştır.

Aşağıda, Bölüm III.4.2.2'de verilen her bir çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar gruplandırılmıştır.

Kuralların *if* kısmı, gerçek zamanlı yük tahmini için yazılan uzman sistemden elde edilen A blok SUR lamba grubuna ait güçleri değişkenler arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmındaki lamba sayısını gösteren sayısal değer *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_Sayisi* çıkarım mekanizması değişkeni atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

- 1    **IF** ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba1 >= 300)  
      and ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba2 >= 300)  
      and ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba3 >= 300) **THEN** 3 else
- 2    **IF** ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba1 >= 300)  
      and ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba2 >= 300)  
      and ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba3 == 0) **THEN** 2 else
- 3    **IF** ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba1 >= 300)  
      and ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba2 == 0)  
      and ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba3 >= 300) **THEN** 2 else

- 4 **IF** ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba1 == 0)  
and ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba2 >= 300)  
and ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba3 >= 300) **THEN** 2 else
- 5 **IF** ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba1 >= 300)  
and ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba2 == 0)  
and ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba3 == 0) **THEN** 1 else
- 6 **IF** ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba1 == 0)  
and ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba2 >= 300)  
and ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba3 == 0) **THEN** 1 else
- 7 **IF** ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba1 == 0)  
and ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba2 == 0)  
and ( aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba3 >= 300) **THEN** 1 else 0

Kuralların *if* kısmı, A blok SUR lamba grubunun arızalarını tespit etmek için belirlenen değişkenler arasında ilişkiler *ve,veya* mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmındaki lamba grubunun arızalı olup olmadığını bildiren açıklama cümleleri *aydinlatma\dahiliuzman\LambaAriza\LambaAriza* çıkarım mekanizması değişkeni atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

- 8 **IF**(aydinlatma\output\O\_1\_2\_0==1)and(aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_Sayisi==3)  
and (aydinlatma\akim\F8\_6 > Lamba123AK)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\LambaAriza\SecilenGucDegerleriDusuk else
- 9 **IF**(aydinlatma\output\O\_1\_2\_0==1)and(aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_Sayisi==3)  
and ( Lamba123AK >= aydinlatma\akim\F8\_6)  
and (aydinlatma\akim\F8\_6 >= Lamba123EK )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\LambaAriza\LambaGrubundaVeBaglantilardaSorunYok else
- 10 **IF**(aydinlatma\output\O\_1\_2\_0==1)and(aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_Sayisi==3)  
and ( ((AkimFarkiAK >= Lamba12) and (Lamba12 >= AkimFarkiEK))  
or ((AkimFarkiAK >= Lamba13) and (Lamba13 >= AkimFarkiEK))  
or ((AkimFarkiAK >= Lamba23) and (Lamba23 >= AkimFarkiEK)) )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\LambaAriza\IkiLambadaVeyaBaglantiNoktasindaSorunVar else
- 11 **IF**(aydinlatma\output\O\_1\_2\_0==1)and(aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_Sayisi==3)  
and ( (( AkimFarkiAK >= Lamba1\_Akim) and (Lamba1\_Akim >= AkimFarkiEK))  
or (( AkimFarkiAK >= Lamba2\_Akim) and (Lamba2\_Akim >= AkimFarkiEK))  
or (( AkimFarkiAK >= Lamba3\_Akim) and (Lamba3\_Akim >= AkimFarkiEK)) )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\LambaAriza\BirLambadaVeyaBaglantiNoktasindasorunVar else
- 12 **IF**(aydinlatma\output\O\_1\_2\_0==1)and(aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_Sayisi==2)  
and ( aydinlatma\akim\F8\_6 > Lamba123AK)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\LambaAriza\SecilenGucDegerleriDusuk else

```

13  IF(aydinlatma\output\O_1_2_0==1)and(aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba_Sayisi==2)
    and ( Lamba123AK >= aydinlatma\akim\F8_6)and (aydinlatma\akim\F8_6 >= Lamba123EK )
    THEN aydinlatma\dahiliuzman\LambaAriza\LambaGrubundaVeBaglantilardaSorunYok else
14  IF(aydinlatma\output\O_1_2_0==1)and aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba_Sayisi==2)
    and ( (( AkimFarkiAK >= Lamba1_Akim) and (Lamba1_Akim >= AkimFarkiEK))
    or (( AkimFarkiAK >= Lamba2_Akim) and (Lamba2_Akim >= AkimFarkiEK))
    or (( AkimFarkiAK >= Lamba3_Akim) and (Lamba3_Akim >= AkimFarkiEK)) )
    THEN aydinlatma\dahiliuzman\LambaAriza\BirLambadaVeyaBaglatiNoktasindasorunVar else
15  IF(aydinlatma\output\O_1_2_0==1)and(aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba_Sayisi==1)
    and ( aydinlatma\akim\F8_6 >= Lamba123AK)
    THEN aydinlatma\dahiliuzman\LambaAriza\SecilenGucDegerleriDusuk else
16  IF(aydinlatma\output\O_1_2_0==1)and(aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba_Sayisi==1)
    and ( Lamba123AK > aydinlatma\akim\F8_6) and (aydinlatma\akim\F8_6 >= Lamba123EK )
    THEN aydinlatma\dahiliuzman\LambaAriza\LambaGrubundaVeBaglantilardaSorunYok else
17  IF (aydinlatma\output\O_1_2_0==1) and (aydinlatma\akim\F8_6 <= 0.2)
    THEN aydinlatma\dahiliuzman\LambaAriza\UcLambadaVeyaBaglantiNoktasindaSorunVar else
18  IF (aydinlatma\output\O_1_2_0==0) and (aydinlatma\ariza\B3_6_12==1)
    THEN aydinlatma\dahiliuzman\LambaAriza\L1_FazindaSorunVar Else
19  IF (aydinlatma\output\O_1_2_0==0 ) and (aydinlatma\ariza\B3_6_12 == 0)
    THEN aydinlatma\dahiliuzman\LambaAriza\LambalarAktifEdilmediSorunYok
    else aydinlatma\dahiliuzman\LambaAriza\GuclerDogruDegil

```

## EK F

### MEGZUS'DA GERÇEK ZAMANLI HAT ARIZA TEŞHİS İÇİN US KURAL TABANI

GEZHAT için If...Then kurallarıyla tasarlanan US'un kural tabanı 36 adet kuraldan oluşmaktadır. IF kısmında değişkenler mantık bağlaçları ile birleşmiş cümlelerden oluşturulan varsayım kısmıdır. THEN kısmında her kurala ait açıklama cümlesinden oluşmaktadır. Bu açıklama cümleleri, çıkarım mekanizması değişkenine atanmıştır.

Aşağıda, Bölüm III.4.3.3'de verilen her bir çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar gruplandırılmıştır.

Kuralların *if* kısmı, A blokta lamba gruplarının besleyen L1, L2, L3 fazlarında arıza olup olmadığının sorgulamak için yazılan gerçek zamanlı faz akım sinyallerinin arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmındaki A blok lamba grubunun hattında arıza olup olmadığının belirten açıklama cümlesi *aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\A\_HatAriza* çıkarım mekanizması değişkeni atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

- 1 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_12==0 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_13==0)  
and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_14==0)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L1L2L3HatlarindaSorunYok else
- 2 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_12==1 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_13==1)  
and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_14==1)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\BakimYapiliyorVeyaL1L2L3HatlarindaSorunVar else
- 3 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_12==1 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_13==1)  
and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_14==0)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L1L2HatlarindaSorunVar Else

- 4 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_12==1 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_13==0)  
and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_14==1)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L1L3HatlarindaSorunVar Else
- 5 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_12==0 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_13==1)  
and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_14==1)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L2L3HatlarindaSorunVar Else
- 6 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_12==1 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_13==0)  
and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_14==0)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L1HattindaSorunVar Else
- 7 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_12==0 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_13==1)  
and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_14==0)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L2HattindaSorunVar Else
- 8 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_12==0 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_13==0)  
and (aydinlatma\ariza\B3\_6\_14==1)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L3HattindaSorunVar else 0

Kuralların *if* kısmı, B blokta lamba gruplarının besleyen L1, L2, L3 fazlarında arıza olup olmadığının sorgulamak için yazılan gerçek zamanlı faz akım sinyallerinin arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmındaki B blok lamba grubunun hattında arıza olup olmadığının belirten açıklama cümlesi *aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\B\_HatAriza* çıkarım mekanizması değişkeni atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

- 9 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_15==0 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_7\_0==0)  
and (aydinlatma\ariza\B3\_7\_1==0)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L1L2L3HatlarindaSorunYok Else
- 10 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_15==1 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_7\_0==1)  
and (aydinlatma\ariza\B3\_7\_1==1)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\BakimYapiliyorVeyaL1L2L3HatlarindaSorunVar else
- 11 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_15==1 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_7\_0==1)  
and (aydinlatma\ariza\B3\_7\_1==0)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L1L2HatlarindaSorunVar Else
- 12 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_15==1 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_7\_0==0)  
and (aydinlatma\ariza\B3\_7\_1==1)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L1L3HatlarindaSorunVar Else
- 13 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_15==0 ) and (aydinlatma\ariza\B3\_7\_0==1)  
and (aydinlatma\ariza\B3\_7\_1==1)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L2L3HatlarindaSorunVar Else

- 14 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_15==1 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_0==0 )  
and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_1==0 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L1HattindaSorunVar Else
- 15 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_15==0 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_0==1 )  
and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_1==0 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L2HattindaSorunVar Else
- 16 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_15==0 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_0==0 )  
and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_1==1 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L3HattindaSorunVar else 0

Kuralların *if* kısmı, C blokta lamba gruplarının besleyen L1, L2, L3 fazlarında arıza olup olmadığının sorgulamak için yazılan gerçek zamanlı faz akım sinyallerinin arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmındaki C blok lamba grubunun hattında arıza olup olmadığının belirten açıklama cümlesi *aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\C\_HatAriza* çıkarım mekanizması değişkeni atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

- 17 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_2==0 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_3==0 )  
and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_4==0 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L1L2L3HatlarindaSorunYok Else
- 18 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_2==1 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_3==1 )  
and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_4==1 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\BakimYapiliyorVeyaL1L2L3HatlarindaSorunVar else
- 19 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_2==1 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_3==1 )  
and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_4==0 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L1L2HatlarindaSorunVar Else
- 20 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_2==1 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_3==0 )  
and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_4==1 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L1L3HatlarindaSorunVar Else
- 21 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_2==0 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_3==1 )  
and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_4==1 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L2L3HatlarindaSorunVar Else
- 22 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_2==1 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_3==0 )  
and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_4==0 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L1HattindaSorunVar Else
- 23 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_2==0 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_3==1 )  
and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_4==0 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L2HattindaSorunVar Else

24 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_2==0 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_3==0 )  
 and ( aydinlatma\ariza\B3\_7\_4==1 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L3HattindaSorunVar else 0

Kuralların *if* kısmı, D blokta lamba gruplarının besleyen L1, L2, L3 fazlarında arıza olup olmadığının sorgulamak için yazılan gerçek zamanlı faz akım sinyallerinin arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmındaki D blok lamba grubunun hattında arıza olup olmadığının belirten açıklama cümlesi *aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\D\_HatAriza* çıkarım mekanizması değişkeni atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

25 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_9==0 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_10==0 )  
 and ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_11==0 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L1L2L3HatlarindaSorunYok Else

26 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_9==1 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_10==1 )  
 and ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_11==1 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\BakimYapiliyorVeyaL1L2L3HatlarindaSorunVar else

27 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_9==1 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_10==1 )  
 and ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_11==0 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L1L2HatlarindaSorunVar Else

28 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_9==1 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_10==0 )  
 and ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_11==1 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L1L3HatlarindaSorunVar Else

29 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_9==0 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_10==1 )  
 and ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_11==1 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L2L3HatlarindaSorunVar Else

30 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_9==1 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_10==0 )  
 and ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_11==0 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L1HattindaSorunVar Else

31 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_9==0 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_10==1 )  
 and ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_11==0 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L2HattindaSorunVar Else

32 **IF** ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_9==0 ) and ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_10==0 )  
 and ( aydinlatma\ariza\B3\_6\_11==1 )  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L3HattindaSorunVar else 0

Kuralların *if* kısmı, E blokta lamba gruplarının besleyen L1, L2 fazlarında arıza olup olmadığının sorgulamak için yazılan gerçek zamanlı faz akım sinyallerinin arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmındaki E blok lamba grubunun



hattında arıza olup olmadığının belirten açıklama cümlesi *aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\E\_HatAriza* çıkarım mekanizması değişkeni atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

```
33  IF ( aydinlatma\ariza\B3_7_5==0 ) and ( aydinlatma\ariza\B3_7_6==0 )  
    THEN aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L1L2HatlarindaSorunYok Else  
34  IF ( aydinlatma\ariza\B3_7_5==1 ) and ( aydinlatma\ariza\B3_7_6==1 )  
    THEN aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L1L2HatlarindaSorunVar Else  
35  IF ( aydinlatma\ariza\B3_7_5==1 ) and ( aydinlatma\ariza\B3_7_6==0 )  
    THEN aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L1HattindaSorunVar Else  
36  IF ( aydinlatma\ariza\B3_7_5==0 ) and ( aydinlatma\ariza\B3_7_6==1 )  
    THEN aydinlatma\dahiliuzman\HatAriza\L2HattindaSorunVar else 0
```

## EK G

### MEGZUS'DA GERÇEK ZAMANLI YÜK TAHMİNİ İÇİN US KURAL TABANI

GEZYÜT için If...Then kurallarıyla tasarlanan US'un kural tabanı 138 adet kuraldan oluşmaktadır. IF kısmında değişkenler mantık bağlaçları ile birleşmiş cümlelerden oluşturulan varsayım kısmıdır. THEN kısmında her kurala ait denetim davranışının sayısal değerinden oluşmaktadır. Bu sayısal değerler, çıkarım mekanizması değişkenine atanmıştır.

Aşağıda, Bölüm III.4.4.3'de verilen her bir çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar gruplandırılmıştır.

Kuralların *if* kısmı, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden ilk tercihin birinci lamba gücünü bulmak için gerçek zamanlı faz akımının, akım sınır değerleri ile arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında ön tahmin değerlerinden ilk tercihin birinci lamba gücünün sayısal değeri, *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_IX* çıkarım mekanizması değişkenine atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

- 1 **IF** (1.39 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 0.769) **THEN** 300 else
- 2 **IF** (2.26 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 1.573) **THEN** 500 else
- 3 **IF** (2.82 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 2.3) **THEN** 300 else
- 4 **IF** (3.26 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 2.9) **THEN** 750 else

5    **IF** (3.48 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
      and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 3.27) **THEN** 500 else  
 6    **IF** (3.94 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
      and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 3.60) **THEN** 300 else  
 7    **IF** (4.35 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
      and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 4) **THEN** 500 else  
 8    **IF** (4.79 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
      and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 4.4) **THEN** 500 else  
 9    **IF** (5.44 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
      and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 5.01) **THEN** 750 else  
 10   **IF** (5.86 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
      and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 5.45) **THEN** 750 else  
 11   **IF** (6.53 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
      and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 6.01) **THEN** 500 else  
 12   **IF** (6.74 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
      and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 6.54) **THEN** 750 else  
 13   **IF** (7.61 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
      and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 7.02) **THEN** 750 else  
 14   **IF** (7.83 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
      and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 7.62) **THEN** 750 else  
 15   **IF** (8.70 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
      and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 8.02) **THEN** 750 else  
 16   **IF** (8.92 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
      and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 8.71) **THEN** 1000 else  
 17   **IF** (9.14 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
      and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 8.92) **THEN** 1500 else  
 18   **IF** (9.79 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
      and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 9.15) **THEN** 1000 else  
 19   **IF** (10 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
      and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 9.80) **THEN** 1500 else 0

Kuralların *if* kısmı, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden ilk tercihin ikinci lamba gücünü bulmak için gerçek zamanlı faz akımının, akım sınır değerleri ile arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında ön tahmin değerlerinden ilk tercihin ikinci lamba gücünün sayısal değeri, *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_2X* çıkarım mekanizması değişkenine atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

20   **IF** (1.39 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
      and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 0.769) **THEN** 0 else

21 **IF** (2.26 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
 and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 1.573) **THEN** 0 else  
 22 **IF** (2.82 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
 and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 2.3) **THEN** 300 else  
 23 **IF** (3.26 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
 and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 2.9) **THEN** 0 else  
 24 **IF** (3.48 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
 and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 3.27) **THEN** 300 else  
 25 **IF** (3.94 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
 and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 3.60) **THEN** 300 else  
 26 **IF** (4.35 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
 and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 4) **THEN** 500 else  
 27 **IF** (4.79 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
 and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 4.4) **THEN** 300 else  
 28 **IF** (5.44 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
 and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 5.01) **THEN** 500 else  
 29 **IF** (5.86 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
 and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 5.45) **THEN** 300 else  
 30 **IF** (6.53 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
 and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 6.01) **THEN** 500 else  
 31 **IF** (6.74 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
 and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 6.54) **THEN** 500 else  
 32 **IF** (7.61 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
 and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 7.02) **THEN** 500 else  
 33 **IF** (7.83 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
 and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 7.62) **THEN** 750 else  
 34 **IF** (8.70 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
 and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 8.02) **THEN** 750 else  
 35 **IF** (8.92 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
 and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 8.71) **THEN** 750 else  
 36 **IF** (9.14 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
 and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 8.92) **THEN** 300 else  
 37 **IF** (9.79 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
 and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 9.15) **THEN** 750 else  
 38 **IF** (10 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
 and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 9.80) **THEN** 500 else 0

Kuralların *if* kısmı, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden ilk tercihin üçüncü lamba gücünü bulmak için gerçek zamanlı faz akımının, akım sınır değerleri ile arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında ön tahmin

değerlerinden ilk tercihin üçüncü lamba gücünün sayısal değeri, *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_3X* çıkarım mekanizması değişkenine atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

```
39 IF (1.39 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 0.769) THEN 0 else
40 IF (2.26 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 1.573) THEN 0 else
41 IF (2.82 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 2.3) THEN 0 else
42 IF (3.26 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 2.9) THEN 0 else
43 IF (3.48 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 3.27) THEN 0 else
44 IF (3.94 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 3.60) THEN 300 else
45 IF (4.35 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 4) THEN 0 else
46 IF (4.79 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 4.4) THEN 300 else
47 IF (5.44 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 5.01) THEN 0 else
48 IF (5.86 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 5.45) THEN 300 else
49 IF (6.53 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 6.01) THEN 500 else
50 IF (6.74 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 6.54) THEN 300 else
51 IF (7.61 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 7.02) THEN 500 else
52 IF (7.83 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 7.62) THEN 300 else
53 IF (8.70 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 8.02) THEN 500 else
54 IF (8.92 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 8.71) THEN 300 else
55 IF (9.14 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 8.92) THEN 300 else
56 IF (9.79 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 9.15) THEN 500 else
```

57 **IF** (10 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 9.80) **THEN** 300 else 0

Kuralların *if* kısmı, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden ikinci tercihin birinci lamba gücünü bulmak için gerçek zamanlı faz akımının, akım sınır değerleri ile arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında ön tahmin değerlerinden ikinci tercihin birinci lamba gücünün sayısal değeri, *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_1Y* çıkarım mekanizması değişkenine atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

58 **IF** (4.35 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 4) **THEN** 1000 else  
59 **IF** (5.65 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 5.21) **THEN** 500 else  
60 **IF** (6.53 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 6.01) **THEN** 1000 else  
61 **IF** (6.96 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 6.54) **THEN** 1000 else  
62 **IF** (7.61 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 7.02) **THEN** 1000 else  
63 **IF** (7.83 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 7.62) **THEN** 1000 else  
64 **IF** (8.70 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 8.02) **THEN** 1000 else  
65 **IF** (9.79 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 9.15) **THEN** 1500 else  
66 **IF** (10 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 9.80) **THEN** 1000 else 0

Kuralların *if* kısmı, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden ikinci tercihin ikinci lamba gücünü bulmak için gerçek zamanlı faz akımının, akım sınır değerleri ile arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında ön tahmin değerlerinden ikinci tercihin ikinci lamba gücünün sayısal değeri, *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_2Y* çıkarım mekanizması değişkenine atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

67 **IF** (4.35 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 4) **THEN** 0 else

```

68  IF (5.65 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 5.21) THEN 500 else
69  IF (6.53 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 6.01) THEN 500 else
70  IF (6.96 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 6.54) THEN 300 else
71  IF (7.61 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 7.02) THEN 750 else
72  IF (7.83 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 7.62) THEN 500 else
73  IF (8.70 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 8.02) THEN 500 else
74  IF (9.79 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 9.15) THEN 750 else
75  IF (10 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 9.80) THEN 1000 else 0

```

Kuralların *if* kısmı, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden ikinci tercihin üçüncü lamba gücünü bulmak için gerçek zamanlı faz akımının, akım sınır değerleri ile arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında ön tahmin değerlerinden ikinci tercihin üçüncü lamba gücünün sayısal değeri, *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_3Y* çıkarım mekanizması değişkenine atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

```

76  IF (4.35 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 4) THEN 0 else
77  IF (5.65 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 5.21) THEN 300 else
78  IF (6.53 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 6.01) THEN 0 else
79  IF (6.96 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 6.54) THEN 300 else
80  IF (7.61 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 7.02) THEN 0 else
81  IF (7.83 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 7.62) THEN 300 else
82  IF (8.70 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 8.02) THEN 500 else
83  IF (9.79 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 9.15) THEN 0 else

```

84 **IF** (10 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 9.80) **THEN** 300 else 0

Kuralların *if* kısmı, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden üçüncü tercihin birinci lamba gücünü bulmak için gerçek zamanlı faz akımının, akım sınır değerleri ile arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında ön tahmin değerlerinden üçüncü tercihin birinci lamba gücünün sayısal değeri, *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_1Z* çıkarım mekanizması değişkenine atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

85 **IF** (4.57 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 4.20) **THEN** 750 else  
86 **IF** (5.65 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 5.21) **THEN** 1000 else  
87 **IF** (6.53 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 6.01) **THEN** 1500 else  
88 **IF** (7.83 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 7.62) **THEN** 1500 else  
89 **IF** (8.70 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 8.02) **THEN** 1000 else  
90 **IF** (10 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 9.80) **THEN** 2000 else 0

Kuralların *if* kısmı, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden üçüncü tercihin ikinci lamba gücünü bulmak için gerçek zamanlı faz akımının, akım sınır değerleri ile arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında ön tahmin değerlerinden üçüncü tercihin ikinci lamba gücünün sayısal değeri, *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_2Z* çıkarım mekanizması değişkenine atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

91 **IF** (4.57 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 4.20) **THEN** 300 else  
92 **IF** (5.65 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 5.21) **THEN** 300 else  
93 **IF** (6.53 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 6.01) **THEN** 0 else  
94 **IF** (7.83 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)  
and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 7.62) **THEN** 300 else



```

95  IF (8.70 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 8.02) THEN 1000 else
96  IF (10 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 9.80) THEN 300 else 0

```

Kuralların *if* kısmı, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden üçüncü tercihin üçüncü lamba gücünü bulmak için gerçek zamanlı faz akımının, akım sınır değerleri ile arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında ön tahmin değerlerinden üçüncü tercihin üçüncü lamba gücünün sayısal değeri, *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_3Z* çıkarım mekanizması değişkenine atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

```

97  IF (4.57 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 4.20) THEN 0 else
98  IF (5.65 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 5.21) THEN 0 else
99  IF (6.53 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 6.01) THEN 0 else
100 IF (7.83 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 7.62) THEN 0 else
101 IF (8.70 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 8.02) THEN 0 else
102 IF (10 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 9.80) THEN 0 else 0

```

Kuralların *if* kısmı, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden dördüncü tercihin birinci lamba gücünü bulmak için gerçek zamanlı faz akımının, akım sınır değerleri ile arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında ön tahmin değerlerinden dördüncü tercihin birinci lamba gücünün sayısal değeri, *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_1W* çıkarım mekanizması değişkenine atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

```

103 IF (6.53 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 6.01) THEN 750 else
104 IF (8.70 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim) and
    (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 8.02) THEN 1500 else 0

```

Kuralların *if* kısmı, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden dördüncü tercihin ikinci lamba gücünü bulmak için gerçek zamanlı faz akımının, akım sınır değerleri ile arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş

cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında ön tahmin değerlerinden dördüncü tercihin ikinci lamba gücünün sayısal değeri, *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_2W* çıkarım mekanizması değişkenine atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

```
105 IF (6.53 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 6.01) THEN 750 else
106 IF (8.70 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim) and
    (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 8.02) THEN 500 else 0
```

Kuralların *if* kısmı, gerçek zamanlı yük tahmininde ön tahmin değerlerinden dördüncü tercihin üçüncü lamba gücünü bulmak için gerçek zamanlı faz akımının, akım sınır değerleri ile arasındaki ilişkiler *ve* mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında ön tahmin değerlerinden dördüncü tercihin üçüncü lamba gücünün sayısal değeri, *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_3W* çıkarım mekanizması değişkenine atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

```
107 IF (6.53 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 6.01) THEN 0 else
108 IF (8.70 >= aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim)
    and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\tahminakim >= 8.02) THEN 0 else 0
```

Kuralların *if* kısmı, A blok SUR lamba grubunun birinci lamba gücünü bulmak için kullanıcının onayladığı tercihler arasındaki ilişkiler *ve*, *veya* mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında A blok SUR lamba grubuna bağlı birinci lamba gücünün sayısal değeri, *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba1* çıkarım mekanizması değişkenine atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

```
109 IF ( Forms20\checkbox1==1 ) or (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Tercih1==1)
    THEN aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba_1X else
110 IF ( Forms20\checkbox1==0 ) and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Tercih2==1)
    THEN aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba_1Y else
111 IF ( Forms20\checkbox1==0 ) and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Tercih3==1)
    THEN aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba_1Z else
112 IF ( Forms20\checkbox1==0 ) and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Tercih4==1)
    THEN aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba_1W else 0
```

Kuralların *if* kısmı, A blok SUR lamba grubunun ikinci lamba gücünü bulmak için kullanıcının onayladığı tercihler arasındaki ilişkiler *ve*, *veya* mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then*

kısımında A blok SUR lamba grubuna bağlı ikinci lamba gücünün sayısal değeri, *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba2* çıkarım mekanizması değişkenine atanır.

Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

- 113 **IF** ( Forms20\checkbox1==1 ) or (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Tercih1==1)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_2X else
- 114 **IF** ( Forms20\checkbox1==0 ) and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Tercih2==1)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_2Y else
- 115 **IF** ( Forms20\checkbox1==0 ) and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Tercih3==1)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_2Z else
- 116 **IF** ( Forms20\checkbox1==0 ) and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Tercih4==1)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_2W else 0

Kuralların *if* kısmı, A blok SUR lamba grubunun üçüncü lamba gücünü bulmak için kullanıcının onayladığı tercihler arasındaki ilişkiler *ve*, *veya* mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında A blok SUR lamba grubuna bağlı üçüncü lamba gücünün sayısal değeri, *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba3* çıkarım mekanizması değişkenine atanır.

Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

- 117 **IF** ( Forms20\checkbox1==1 ) or (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Tercih1==1)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_3X else
- 118 **IF** ( Forms20\checkbox1==0 ) and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Tercih2==1)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_3Y else
- 119 **IF** ( Forms20\checkbox1==0 ) and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Tercih3==1)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_3Z else
- 120 **IF** ( Forms20\checkbox1==0 ) and (aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Tercih4==1)  
**THEN** aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba\_3W else 0

Kuralların *if* kısmı, kullanıcı seçimli yük tahmini yöntemine göre A blok SUR lamba grubunun birinci lamba gücünü bulmak için kullanıcının hangi tercihi onayladığını sorgulayan cümleden oluşur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında A blok SUR lamba grubuna bağlı birinci lamba gücünün sayısal değeri, *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba1* çıkarım mekanizması değişkenine atanır.

Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

- 121 **IF** Forms20\cbxValue=="300W" **THEN** 300 else
- 122 **IF** Forms20\cbxValue=="500W" **THEN** 500 else
- 123 **IF** Forms20\cbxValue=="750W" **THEN** 750 else
- 124 **IF** Forms20\cbxValue=="1000W" **THEN** 1000 else
- 125 **IF** Forms20\cbxValue=="1500W" **THEN** 1500 else
- 126 **IF** Forms20\cbxValue=="2000W" **THEN** 2000 else 0

Kuralların *if* kısmı, kullanıcı seçimli yük tahmini yöntemine göre A blok SUR lamba grubunun ikinci lamba gücünü bulmak için kullanıcının hangi tercihi onayladığını sorgulayan cümleden oluşur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında A blok SUR lamba grubuna bağlı ikinci lamba gücünün sayısal değeri, *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba2* çıkarım mekanizması değişkenine atanır.

Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

```
127 IF Forms21\cbxValue=="300W" THEN 300 else
128 IF Forms21\cbxValue=="500W" THEN 500 else
129 IF Forms21\cbxValue=="750W" THEN 750 else
130 IF Forms21\cbxValue=="1000W" THEN 1000 else
131 IF Forms21\cbxValue=="1500W" THEN 1500 else
132 IF Forms21\cbxValue=="2000W" THEN 2000 else 0
```

Kuralların *if* kısmı, kullanıcı seçimli yük tahmini yöntemine göre A blok SUR lamba grubunun üçüncü lamba gücünü bulmak için kullanıcının hangi tercihi onayladığını sorgulayan cümleden oluşur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında A blok SUR lamba grubuna bağlı üçüncü lamba gücünün sayısal değeri, *aydinlatma\dahiliuzman\lambaguc\Lamba3* çıkarım mekanizması değişkenine atanır.

Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

```
133 IF Forms22\cbxValue=="300W" THEN 300 else
134 IF Forms22\cbxValue=="500W" THEN 500 else
135 IF Forms22\cbxValue=="750W" THEN 750 else
136 IF Forms22\cbxValue=="1000W" THEN 1000 else
137 IF Forms22\cbxValue=="1500W" THEN 1500 else
138 IF Forms22\cbxValue=="2000W" THEN 2000 else 0
```

## EK H

### US TABANLI ZEKİ KONTROL NOKTASI İÇİN KURAL TABANI

US tabanlı ZKN'de E blok için If...Then kurallarıyla tasarlanan US'un kural tabanı 90 adet kuraldan oluşmaktadır. IF kısmında değişkenler mantık bağlaçları ile birleşmiş cümlelerden oluşturulan varsayım kısmıdır. THEN kısmında her kurala ait çıkarım değişkeni ve bu değişkenin sayısal değerlerinden oluşmaktadır.

Aşağıda, Bölüm III.6.2'de verilen her bir çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar gruplandırılmıştır.

Kuralların *if* kısmı, MEGZUS destekli SCADA sistemi ile US tabanlı ZKN arasındaki haberleşme kontrol sinyali olması durumunda, RIO standardındaki çıkış modülündeki SUR lamba grubuna ait çıkışın olup olmadığını sorgulayan cümleden oluşmaktadır. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında *LambaSUR* çıkarım mekanizmasına sayısal değişken atanır. Sayısal değere göre SUR lamba grubu devreye alınır veya devreden çıkarılır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

- 3    **IF** PlcSUR\_Giris\_Q0==0 **THEN** LambaSUR=0
- 4    **IF** PlcSUR\_Giris\_Q0==1 **THEN** LambaSUR=1

Kuralların *if* kısmı, MEGZUS destekli SCADA sistemi ile US tabanlı ZKN arasındaki haberleşme kontrol sinyali olması durumunda, RIO standardındaki çıkış modülündeki 23 lamba grubuna ait çıkışın olup olmadığını sorgulayan cümleden oluşmaktadır. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında *Lamba23* çıkarım mekanizmasına sayısal değişken atanır. Sayısal değere göre 23 lamba grubu devreye alınır veya devreden çıkarılır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

5    **IF** Plc23\_Giris\_Q1==0 **THEN** Lamba23=0

6    **IF** Plc23\_Giris\_Q1==1 **THEN** Lamba23=1

Kuralların *if* kısmı, MEGZUS destekli SCADA sistemi ile US tabanlı ZKN arasındaki haberleşme kontrol sinyali olması durumunda, RIO standardındaki çıkış modülündeki HR lamba grubuna ait çıkışın olup olmadığını sorgulayan cümleden oluşmaktadır. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında *LambaHR* çıkarım mekanizmasına sayısal değişken atanır. Sayısal değere göre HR lamba grubu devreye alınır veya devreden çıkarılır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

7    **IF** PlcHR\_Giris\_Q2==0 **THEN** LambaHR=0

8    **IF** PlcHR\_Giris\_Q2==1 **THEN** LambaHR=1

Kuralların *if* kısmı, MEGZUS destekli SCADA sistemi ile US tabanlı ZKN arasındaki haberleşme kontrol sinyali olmaması durumunda, E blok SUR lamba grubunun devreye alınması ve devreden çıkarılması durumunu belirlemek için uygun gerçek zaman dilimi, buton girişleri ve ön hazırlık değişkenleri arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında *LambaSUR* çıkarım mekanizmasına sayısal değişken atanır. Sayısal değere göre SUR lamba grubu devreye alınır veya devreden çıkarılır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

9    **IF** (PORTC.0==1) and (ZAMAN==0) **THEN** LambaSUR=1

10   **IF** (PORTC.1==1) and (ZAMAN==0) **THEN** LambaSUR=0

11   **IF** (ZAMAN==1) and (PORTC.1==1) **THEN** LambaSUR=0

12   **IF** (ZAMAN==1) and (PORTC.0==1) **THEN** LambaSUR=1

13   **IF** (ZAMAN==1) and (AksamStop==0) **THEN** LambaSUR=1

14   **IF** (ZAMAN==0) and (GunduzOnHazirlik==1) **THEN** LambaSUR=0

Kuralların *if* kısmı, MEGZUS destekli SCADA sistemi ile US tabanlı ZKN arasındaki haberleşme kontrol sinyali olmaması durumunda, E blok 23 lamba grubunun devreye alınması ve devreden çıkarılması durumunu belirlemek için uygun gerçek zaman dilimi, gerçek zaman sınır değerleri, buton girişleri ve ön hazırlık değişkenleri arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında *Lamba23* çıkarım mekanizmasına sayısal değişken atanır. Sayısal değere göre SUR lamba grubu devreye alınır veya devreden çıkarılır. E blokta mevcut lamba grupları içinde 23 lamba grubuna ait çıkış bulunmamaktadır. Bu çıkarım yedek olarak konulmuştur. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

- 15 **IF** (PORTC.0==1) and (ZAMAN==0) **THEN** Lamba23=1
- 16 **IF** (PORTC.1==1) and (ZAMAN==0) **THEN** Lamba23=0
- 17 **IF** (ZAMAN==1) and (PORTC.1==1) **THEN** Lamba23=0
- 18 **IF** (ZAMAN==1) and (PORTC.0==1) **THEN** Lamba23=1
- 19 **IF** (ZAMAN==1) and (RTCHour<=\$22 ) and (AksamStop==0) **THEN** Lamba23=1
- 20 **IF** (ZAMAN==1) and (AksamStop==0) and ( ( RTCHour==\$23 )  
or (RTCHour<=\$07 )) **THEN** Lamba23=0
- 21 **IF** (ZAMAN==0) AND (GunduzOnHazirlik==1) **THEN** Lamba23=0

Kuralların *if* kısmı, haberleşme kontrol sinyali olmaması durumunda, E blok lamba HR grubunun devreye alınması ve devreden çıkarılması durumunu belirlemek için uygun gerçek zaman dilimi, gerçek zaman sınır değerleri, dijital hareket bilgisi, buton girişleri ve ön hazırlık değişkenleri arasındaki ilişkiler ve mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmında *LambaHR* çıkarım mekanizmasına sayısal değişken atanır. Sayısal değere göre HR lamba grubu devreye alınır veya devreden çıkarılır. E blok HR lamba grubu saat 20:00'a kadar SUR lamba grubu ile birlikte çalışmaktadır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

- 22 **IF** (PORTC.0==1) and (ZAMAN==0) **THEN** LambaHR=1
- 23 **IF** (PORTC.1==1) and (ZAMAN==0) **THEN** LambaHR=0
- 24 **IF** (ZAMAN==1) and (PORTC.1==1) **THEN** LambaHR=0
- 25 **IF** (ZAMAN==1) and (PORTC.0==1) **THEN** LambaHR=1
- 26 **IF** (ZAMAN==1) and (AksamStop==0) and (RTCHour<=\$19 ) **THEN** LambaHR=1
- 27 **IF** (ZAMAN==1) and (AksamStop==0) and (RTCHour==\$20 )  
and (RTCMin==\$00 ) **THEN** LambaHR=0
- 28 **IF** (ZAMAN==1) and (PORTE.1==0) and (AksamStop==0) and ((RTCHour>=\$20 )  
or (RTCHour<=\$07 )) **THEN** LambaHR=1 pause 0
- 29 **IF** (ZAMAN==0) and (GunduzOnHazirlik==1) **THEN** LambaHR=0

Kuralların *if* kısmı on iki aylık dönem için uygun gerçek zaman dilimini belirleyen değişkenler arasındaki ilişkiler ve, veya mantık bağlaçları ile birleştirilmiş cümlelerden oluşturulmuştur. Kuralın *if* kısmı doğru ise *then* kısmındaki sayısal değer *ZAMAN* çıkarım mekanizması değişkeni atanır. Bu çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

- 30 **IF** ((RTCMonth==\$01 ) and (RTCDay>=\$01 ) and (RTCDay<=\$05 )and (((RTCHour==\$17 )  
and (RTCMin>=\$05 )) and (RTCHour>=\$18 ) and (RTCHour<=\$06 )  
and ((RTCHour==\$07 ) and (RTCMin<=\$12 ))) **THEN** ZAMAN=1

31 **IF** ((RTCMonth==01 ) and (RTCDay>=06 ) and (RTCDay<=10 )and (((RTCHour==17 )  
and (RTCMin==10 )) and (RTCHour>=18 ) and (RTCHour<=06 )  
and ( ( RTCHour==07 ) and (RTCMin<=12 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

32 **IF** ((RTCMonth==01 ) and (RTCDay>=11 ) and (RTCDay<=15 )and (((RTCHour==17 )  
and (RTCMin>=14 )) and (RTCHour>=18 ) and (RTCHour<=06 )  
and ( ( RTCHour==07 ) and (RTCMin<=10 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

33 **IF** ((RTCMonth==01 ) and (RTCDay>=16 ) and (RTCDay<=20 )and (((RTCHour==17 )  
and (RTCMin>=20 )) and (RTCHour>=18 ) and (RTCHour<=06 )  
and ( ( RTCHour==07 ) and (RTCMin<=10 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

34 **IF** ((RTCMonth==01 ) and (RTCDay>=21 ) and (RTCDay<=25 )and (((RTCHour==17 )  
and (RTCMin>=26 )) and (RTCHour>=18 ) and (RTCHour<=06 )  
and ( ( RTCHour==07 ) and (RTCMin<=07 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

35 **IF** ((RTCMonth==01 ) and (RTCDay>=26 ) and (RTCDay<=31 )and (((RTCHour==17 )  
and (RTCMin>=32 )) and (RTCHour>=18 ) and (RTCHour<=06 )  
and ( ( RTCHour==07 ) and (RTCMin<=04 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

36 **IF** ((RTCMonth==02 ) and (RTCDay>=01 ) and (RTCDay<=05 )and (((RTCHour==17 )  
and (RTCMin>=39 )) and (RTCHour>=18 ) and (RTCHour<=05 )  
and ( ( RTCHour==06 ) and (RTCMin<=52 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

37 **IF** ((RTCMonth==02 ) and (RTCDay>=06 ) and (RTCDay<=10 )and (((RTCHour==17 )  
and (RTCMin>=45 )) and (RTCHour>=18 ) and (RTCHour<=05 )  
and ( ( RTCHour==06 ) and (RTCMin<=53 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

38 **IF** ((RTCMonth==02 ) and (RTCDay>=11 ) and (RTCDay<=15 )and (((RTCHour==17 )  
and (RTCMin>=52 )) and (RTCHour>=18 ) and (RTCHour<=05 )  
and ( ( RTCHour==06 ) and (RTCMin<=47 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

39 **IF** ((RTCMonth==02 ) and (RTCDay>=16 ) and (RTCDay<=20 )and (((RTCHour==17 )  
and (RTCMin>=58 )) and (RTCHour>=18 ) and (RTCHour<=05 )  
and ( ( RTCHour==06 ) and (RTCMin<=41 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

40 **IF** ((RTCMonth==02 ) and (RTCDay>=21 ) and (RTCDay<=25 )and (((RTCHour==18 )  
and (RTCMin>=05 )) and (RTCHour>=19 ) and (RTCHour<=05 )  
and ( ( RTCHour==06 ) and (RTCMin<=32 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

41 **IF** ((RTCMonth==02 ) and (RTCDay>=26 ) and (RTCDay<=29 )and (((RTCHour==18 )  
and (RTCMin>=11 )) and (RTCHour>=19 ) and (RTCHour<=05 )  
and ( ( RTCHour==06 ) and (RTCMin<=26 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

42 **IF** ((RTCMonth==03 ) and (RTCDay>=01 ) and (RTCDay<=05 )and (((RTCHour==18 )  
and (RTCMin>=13 )) and (RTCHour>=19 ) and (RTCHour<=05 )  
and ( ( RTCHour==06 ) and (RTCMin<=22 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

43 **IF** ((RTCMonth==03 ) and (RTCDay>=06 ) and (RTCDay<=10 )and (((RTCHour==18 )  
and (RTCMin>=19 )) and (RTCHour>=19 ) and (RTCHour<=05 )  
and ( ( RTCHour==06 ) and (RTCMin<=12 ))) ) **THEN** ZAMAN=1



44 **IF** ((RTCMonth==03 ) and (RTCDay>=11 ) and (RTCDay<=15 )and (((RTCHour==18 )  
and (RTCMin>=24 )) and (RTCHour>=19 ) and (RTCHour<=05 )  
and ( (RTCHour==06 ) and (RTCMin<=06 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

45 **IF** ((RTCMonth==03 ) and (RTCDay>=16 ) and (RTCDay<=20 )and (((RTCHour==18 )  
and (RTCMin>=30 )) and (RTCHour>=19 ) and (RTCHour<=04 )  
and ( (RTCHour==05 ) and (RTCMin<=58 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

46 **IF** ((RTCMonth==03 ) and (RTCDay>=21 ) and (RTCDay<=25 )and (((RTCHour==18 )  
and (RTCMin>=35 )) and (RTCHour>=19 ) and (RTCHour<=04 )  
and ( (RTCHour==05 ) and (RTCMin<=49 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

47 **IF** ((RTCMonth==03 ) and (RTCDay>=26 ) and (RTCDay<=31 )and (((RTCHour==18 )  
and (RTCMin>=41 )) and (RTCHour>=19 ) and (RTCHour<=04 )  
and ( (RTCHour==05 ) and (RTCMin<=41 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

48 **IF** ((RTCMonth==04 ) and (RTCDay>=01 ) and (RTCDay<=05 )and (((RTCHour==18 )  
and (RTCMin>=49 )) and (RTCHour>=19 ) and (RTCHour<=04 )  
and ( (RTCHour==05 ) and (RTCMin<=29 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

49 **IF** ((RTCMonth==04 ) and (RTCDay>=06 ) and (RTCDay<=10 )and (((RTCHour==18 )  
and (RTCMin>=55 )) and (RTCHour>=19 ) and (RTCHour<=04 )  
and ( (RTCHour==05 ) and (RTCMin<=20 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

50 **IF** ((RTCMonth==04 ) and (RTCDay>=11 ) and (RTCDay<=15 )and (((RTCHour==19 )  
and (RTCMin>=01 )) and (RTCHour>=20 ) and (RTCHour<=04 )  
and ( (RTCHour==05 ) and (RTCMin<=12 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

51 **IF** ((RTCMonth==04 ) and (RTCDay>=16 ) and (RTCDay<=20 )and (((RTCHour==19 )  
and (RTCMin>=03 )) and (RTCHour>=20 ) and (RTCHour<=04 )  
and ( (RTCHour==05 ) and (RTCMin<=05 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

52 **IF** ((RTCMonth==04 ) and (RTCDay>=21 ) and (RTCDay<=25 )and (((RTCHour==19 )  
and (RTCMin>=11 )) and (RTCHour>=20 ) and (RTCHour<=03 )  
and ( (RTCHour==04 ) and (RTCMin<=58 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

53 **IF** ((RTCMonth==04 ) and (RTCDay>=26 ) and (RTCDay<=30 )and (((RTCHour==19 )  
and (RTCMin>=15 )) and (RTCHour>=20 ) and (RTCHour<=03 )  
and ( (RTCHour==04 ) and (RTCMin<=51 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

54 **IF** ((RTCMonth==05 ) and (RTCDay>=01 ) and (RTCDay<=05 )and (((RTCHour==19 )  
and (RTCMin>=21 )) and (RTCHour>=20 ) and (RTCHour<=03 )  
and ( (RTCHour==04 ) and (RTCMin<=43 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

55 **IF** ((RTCMonth==05 ) and (RTCDay>=06 ) and (RTCDay<=10 )and (((RTCHour==19 )  
and (RTCMin>=26 )) and (RTCHour>=20 ) and (RTCHour<=03 )  
and ( (RTCHour==04 ) and (RTCMin<=37 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

56 **IF** ((RTCMonth==05 ) and (RTCDay>=11 ) and (RTCDay<=15 )and (((RTCHour==19 )  
and (RTCMin>=32 )) and (RTCHour>=20 ) and (RTCHour<=03 )  
and ( (RTCHour==04 ) and (RTCMin<=31 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

57 **IF** ((RTCMonth== \$05 ) and (RTCDay>=\$16 ) and (RTCDay<=\$20 )and (((RTCHour== \$19 )  
and (RTCMin>=\$37 )) and (RTCHour>=\$20 ) and (RTCHour<=\$03 )  
and ( ( RTCHour== \$04 ) and (RTCMin<=\$26 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

58 **IF** ((RTCMonth== \$05 ) and (RTCDay>=\$21 ) and (RTCDay<=\$25 )and (((RTCHour== \$19 )  
and (RTCMin>=\$41 )) and (RTCHour>=\$20 ) and (RTCHour<=\$03 )  
and ( ( RTCHour== \$04 ) and (RTCMin<=\$22 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

59 **IF** ((RTCMonth== \$05 ) and (RTCDay>=\$26 ) and (RTCDay<=\$31 )and (((RTCHour== \$19 )  
and (RTCMin>=\$46 )) and (RTCHour>=\$20 ) and (RTCHour<=\$03 )  
and ( ( RTCHour== \$04 ) and (RTCMin<=\$18 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

60 **IF** ((RTCMonth== \$06 ) and (RTCDay>=\$01 ) and (RTCDay<=\$10 )and (((RTCHour== \$19 )  
and (RTCMin>=\$52 )) and (RTCHour>=\$20 ) and (RTCHour<=\$03 )  
and ( ( RTCHour== \$04 ) and (RTCMin<=\$13 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

61 **IF** ((RTCMonth== \$06 ) and (RTCDay>=\$11 ) and (RTCDay<=\$30 )and (((RTCHour== \$19 )  
and (RTCMin== \$59 )) and (RTCHour>=\$20 ) and (RTCHour<=\$03 )  
and ( ( RTCHour== \$04 ) and (RTCMin<=\$15 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

62 **IF** ((RTCMonth== \$07 ) and (RTCDay>=\$01 ) and (RTCDay<=\$15 )and (((RTCHour== \$19 )  
and (RTCMin== \$59 )) and (RTCHour>=\$20 ) and (RTCHour<=\$03 )  
and ( ( RTCHour== \$04 ) and (RTCMin<=\$19 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

63 **IF** ((RTCMonth== \$07 ) and (RTCDay>=\$16 ) and (RTCDay<=\$23 )and (((RTCHour== \$19 )  
and (RTCMin>=\$53 )) and (RTCHour>=\$20 ) and (RTCHour<=\$03 )  
and ( ( RTCHour== \$04 ) and (RTCMin<=\$30 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

64 **IF** ((RTCMonth== \$07 ) and (RTCDay>=\$24 ) and (RTCDay<=\$31 )and (((RTCHour== \$19 )  
and (RTCMin>=\$45 )) and (RTCHour>=\$20 ) and (RTCHour<=\$03 )  
and ( ( RTCHour== \$04 ) and (RTCMin<=\$37 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

65 **IF** ((RTCMonth== \$08 ) and (RTCDay>=\$01 ) and (RTCDay<=\$10 )and (((RTCHour== \$19 )  
and (RTCMin>=\$37 )) and (RTCHour>=\$20 ) and (RTCHour<=\$03 )  
and ( ( RTCHour== \$04 ) and (RTCMin<=\$45 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

66 **IF** ((RTCMonth== \$08 ) and (RTCDay>=\$11 ) and (RTCDay<=\$20 )and (((RTCHour== \$19 )  
and (RTCMin>=\$20 )) and (RTCHour>=\$20 ) and (RTCHour<=\$03 )  
and ( ( RTCHour== \$04 ) and (RTCMin<=\$55 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

67 **IF** ((RTCMonth== \$08 ) and (RTCDay>=\$21 ) and (RTCDay<=\$31 )and (((RTCHour== \$19 )  
and (RTCMin>=\$04 )) and (RTCHour>=\$20 ) and (RTCHour<=\$04 )  
and ( ( RTCHour== \$05 ) and (RTCMin<=\$05 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

68 **IF** ((RTCMonth== \$09 ) and (RTCDay>=\$01 ) and (RTCDay<=\$05 )and (((RTCHour== \$18 )  
and (RTCMin>=\$50 )) and (RTCHour>=\$19 ) and (RTCHour<=\$04 )  
and ( ( RTCHour== \$05 ) and (RTCMin<=\$18 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

69 **IF** ((RTCMonth== \$09 ) and (RTCDay>=\$06 ) and (RTCDay<=\$10 )and (((RTCHour== \$18 )  
and (RTCMin>=\$42 )) and (RTCHour>=\$19 ) and (RTCHour<=\$04 )  
and ( ( RTCHour== \$05 ) and (RTCMin<=\$22 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

70 **IF** ((RTCMonth==09 ) and (RTCDay>=11 ) and (RTCDay<=15 )and (((RTCHour==18 )  
and (RTCMin>=34 )) and (RTCHour>=19 ) and (RTCHour<=04 )  
and ( (RTCHour==05 ) and (RTCMin<=27 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

71 **IF** ((RTCMonth==09 ) and (RTCDay>=16 ) and (RTCDay<=20 )and (((RTCHour==18 )  
and (RTCMin>=25 )) and (RTCHour>=19 ) and (RTCHour<=04 )  
and ( (RTCHour==05 ) and (RTCMin<=32 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

72 **IF** ((RTCMonth==09 ) and (RTCDay>=21 ) and (RTCDay<=25 )and (((RTCHour==18 )  
and (RTCMin>=16 )) and (RTCHour>=19 ) and (RTCHour<=04 )  
and ( (RTCHour==05 ) and (RTCMin<=37 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

73 **IF** ((RTCMonth==09 ) and (RTCDay>=26 ) and (RTCDay<=30 )and (((RTCHour==18 )  
and (RTCMin>=08 )) and (RTCHour>=19 ) and (RTCHour<=04 )  
and ( (RTCHour==05 ) and (RTCMin<=42 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

74 **IF** ((RTCMonth==10 ) and (RTCDay>=01 ) and (RTCDay<=05 )and (((RTCHour==18 )  
and (RTCMin>=01 )) and (RTCHour>=19 ) and (RTCHour<=04 )  
and ( (RTCHour==05 ) and (RTCMin<=48 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

75 **IF** ((RTCMonth==10 ) and (RTCDay>=06 ) and (RTCDay<=10 )and (((RTCHour==17 )  
and (RTCMin>=51 )) and (RTCHour>=18 ) and (RTCHour<=04 )  
and ( (RTCHour==05 ) and (RTCMin<=53 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

76 **IF** ((RTCMonth==10 ) and (RTCDay>=11 ) and (RTCDay<=15 )and (((RTCHour==17 )  
and (RTCMin>=44 )) and (RTCHour>=18 ) and (RTCHour<=04 )  
and ( (RTCHour==05 ) and (RTCMin<=58 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

77 **IF** ((RTCMonth==10 ) and (RTCDay>=16 ) and (RTCDay<=20 )and (((RTCHour==17 )  
and (RTCMin>=36 )) and (RTCHour>=18 ) and (RTCHour<=05 )  
and ( (RTCHour==06 ) and (RTCMin<=04 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

78 **IF** ((RTCMonth==10 ) and (RTCDay>=21 ) and (RTCDay<=25 )and (((RTCHour==17 )  
and (RTCMin>=29 )) and (RTCHour>=18 ) and (RTCHour<=05 )  
and ( (RTCHour==06 ) and (RTCMin<=07 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

79 **IF** ((RTCMonth==10 ) and (RTCDay>=26 ) and (RTCDay<=31 )and (((RTCHour==17 )  
and (RTCMin>=21 )) and (RTCHour>=18 ) and (RTCHour<=05 )  
and ( (RTCHour==06 ) and (RTCMin<=15 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

80 **IF** ((RTCMonth==11 ) and (RTCDay>=01 ) and (RTCDay<=05 )and (((RTCHour==17 )  
and (RTCMin>=15 )) and (RTCHour>=18 ) and (RTCHour<=05 )  
and ( (RTCHour==06 ) and (RTCMin<=22 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

81 **IF** ((RTCMonth==11 ) and (RTCDay>=06 ) and (RTCDay<=10 )and (((RTCHour==17 )  
and (RTCMin>=11 )) and (RTCHour>=18 ) and (RTCHour<=05 )  
and ( (RTCHour==06 ) and (RTCMin<=28 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

82 **IF** ((RTCMonth==11 ) and (RTCDay>=11 ) and (RTCDay<=15 )and (((RTCHour==17 )  
and (RTCMin>=05 )) and (RTCHour>=18 ) and (RTCHour<=05 )  
and ( (RTCHour==06 ) and (RTCMin<=34 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

83 **IF** ((RTCMonth==\$11 ) and (RTCDay>=\$16 ) and (RTCDay<=\$30 )and (((RTCHour==\$17 )  
and (RTCMin>=\$01 )) and (RTCHour>=\$18 ) and (RTCHour<=\$05 )  
and ( (RTCHour==\$06 ) and (RTCMin<=\$45 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

84 **IF** ((RTCMonth==\$12 ) and (RTCDay>=\$01 ) and (RTCDay<=\$15 )and (((RTCHour==\$16 )  
and (RTCMin>=\$55 )) and (RTCHour>=\$17 ) and (RTCHour<=\$05 )  
and ( (RTCHour==\$06 ) and (RTCMin<=\$55 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

85 **IF** ((RTCMonth==\$12 ) and (RTCDay>=\$16 ) and (RTCDay<=\$31 )and (((RTCHour==\$16 )  
and (RTCMin==\$59 )) and (RTCHour>=\$17 ) and (RTCHour<=\$06 )  
and ( (RTCHour==\$07 ) and (RTCMin<=\$06 ))) ) **THEN** ZAMAN=1

*AksamStop* çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

86 **IF** (ZAMAN==1) and (PORTC.1==1) **THEN** AksamStop=1

87 **IF** (ZAMAN==1) and (PORTC.0==1) **THEN** AksamStop=0

88 **IF** ZAMAN==0 **THEN** AksamStop=0

*GunduzOnHazirlik* çıkarım mekanizması değişkeni için kurallar:

89 **IF** (ZAMAN==1) and (AksamStop==0) **THEN** GunduzOnHazirlik=1

90 **IF** (ZAMAN==0) AND (GunduzOnHazirlik==1) **THEN** GunduzOnHazirlik=0

## ÖZGEÇMİŞ

1970 yılında İstanbul’da doğdu. 1993 yılında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik-Elektronik Eğitimi Bölümü Elektrik Anabilim dalından mezun oldu.

1994 yılında Marmara Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulunda Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. 1997 yılında Yüksek lisans eğitimini bitirdi.

Halen Marmara Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulunda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaya devam etmektedir.