

SCADA Sistemi: Şehir İçi ve Şehirlerarası Yolların Aydınlatma Sisteminin Kontrolü ve Otomasyonu

Mohammed H. İBRAHİM*¹ ORCID 0000-0002-6093-6105

¹Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,
Konya

Geliş tarihi: 19.04.2022

Kabul tarihi: 23.09.2022

Atıf şekli/ How to cite: İBRAHİM, M.H., (2022). SCADA Sistemi: Şehir İçi ve Şehirlerarası Yolların Aydınlatma Sisteminin Kontrolü ve Otomasyonu. Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, 37(3), 653-661.

Öz

Denetim kontrolü ve veri toplama (SCADA) sistemleri, petrol ve su dağıtım otomasyonu, enerji otomasyonu ve su arıtma sistemi otomasyonu gibi çeşitli alanlarında kullanılmaktadır. Bu çalışmada, şehir içi ve şehirlerarası yolların aydınlatma sisteminin izlenmesi ve kontrolü için Visual Studio C#.NET ortamında geliştirilen bir SCADA sistemi yazılımı tasarlanmıştır. Tasarlanan SCADA yazılımında, şehir içi ve şehirlerarası yolların aydınlatma sistemindeki tüm olayların izlenmesi ve kontrolü, animasyonlar ve renkli grafikler ile ifade edilerek gerçekleştirilmiştir. Bu olaylar, sahada bulunan ışık şiddetini ölçen, arızaları tespit eden algılayıcılar ile aydınlatma direkleri ekipmanlarının nasıl çalıştığını ve bağlantı yapılarını içermektedir. Ayrıca tasarlanan SCADA yazılımı şehir içi ve şehirlerarası yolların aydınlatma sisteminin günlük verilerini, alarm yönetimini, güvenlik yönetimini, veri arşivini ve raporlama işlemlerini de kapsamaktadır. Sonuç olarak, Irak-Kerkük şehrinde yapılan uygulama ile tasarlanan SCADA sistemi yazılımının şehir içi ve şehirlerarası yolların aydınlatma sistemi kontrolünde eş zamanlı, hatasız ve verimli bir şekilde çalıştığı kanıtlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Algılayıcı, Aydınlatma direkleri, Aydınlatma sistemi, Mikrodenetleyici, SCADA

SCADA System: Control and Automation of Lighting System of Urban and Inter-Urban Roads

Abstract

Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) systems are used in various areas such as the automation of oil and water distribution, energy automation, and the automation of water treatment systems. In this study, Visual Studio C#.NET program-based SCADA system software is designed to monitor and control the lighting system for urban and inter-urban roads. In the designed SCADA software, the monitoring and control of all the events of the lighting system of the urban and inter-urban roads are carried out in the form of animated color graphics. These events include how sensors such as light intensity and fault detection in the field and lighting pole equipment work and how they are related. In addition, the designed SCADA software includes daily data of the lighting system of urban and inter-

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Mohammed H. İBRAHİM, mibrahim@erbakan.edu.tr

urban roads, alarm management, security management, data archive, and reporting processes. As a result, it has been proven that the SCADA system software designed with the application in the city of Iraq-Kirkuk works simultaneously, error-free, and efficiently in the control of the lighting system of urban and interurban roads.

Keywords: Lighting poles, Lighting system, Microcontroller, SCADA, Sensor

1. GİRİŞ

Son yıllarda otomasyon cihazları, endüstriyel sistemlerde süreçlerin parametrelerini izlemek ve kontrol etmek için kullanılan basit elektronik devrelerden, otomasyon ağlarında birbirleriyle iletişim kuran akıllı cihazlara dönüşmektedir. Otomasyon cihazlarının gelişimi, otomasyon sürecinden kontrol parametrelerinin ve durum değişkenlerinin görselleştirilmesi için yeni tekniklerin geliştirilmesine yol açmıştır [1]. Otomasyon ekipmanları üreten firmalar, ilk görselleştirme sistemlerini geliştiren ve uygulayan firmalardır ve bu firmalar tarafından Viewer adında genel amaçlı bir otomasyon yazılımı geliştirilmiştir. Denetim kontrolü ve veri toplama (SCADA) sistemi, algılayıcılar aracılığıyla dağıtılmış süreçlerden veri toplar ve bu veriler merkezi bir bilgisayar tarafından ön işlemden geçirilerek saklanır. Sistem, insan operatör tarafından işlenen verilere dayalı olarak komutları otomatik olarak veya manuel olarak alabilir [2]. SCADA terimi ilk olarak 1960'larda Bonneville Güç İdaresi'nde sunulmuştur ve ilk olarak Güç Endüstrisi Bilgisayar Uygulamaları kongresinde bildiri olarak yayınlanmıştır. Genel olarak, SCADA sistemi endüstriyel süreçlerin uzak bölgelerden izlenmesi ve kontrol edilmesi için kullanılmaktadır [3]. Endüstriyel sistemlerinde, birden fazla noktadan süreci izleme ve endüstriyel sistemlerin çalışmasını kontrol etme ihtiyacı çağımızda önemli bir konu haline gelmektedir. Ancak mevcut olan SCADA sistemlerinde kullanılan farklı platform türleri ile uyumsuzluk, temel bir engel olarak bilinmektedir. Ayrıca, maliyet, güvenlik, erişilebilirlik, sistem entegrasyonu, veri bütünlüğü ve tutarlılık gibi problemler de bulunmaktadır [4,5]. SCADA kullanım felsefesi 1971 yılında Gould Modicon tarafından tasarlanan ve üretilen Programlanabilir Lojik Kontrolörler (Programmable Logic Controllers PLCs) ile değişmiştir. Elektrik Güç

Sistemindeki PLC'ler, 1977 yılında Allen-Bradley tarafından tanıtıldı ve elektrikçiler tarafından birçok Elektrik Güç Sistem projelerinde kullanıldı. SCADA terimi ilk kez 1980'lerin sonlarında kullanılmıştır, fakat bu kavram, teknolojinin geliştiği 1990'lara kadar yaygın olarak kullanılmamıştır [3]. 1998'de, PLC üretici firmalarının çoğu, iletişim sistemleri ve açık protokoller kullanarak İnsan Makine Arayüzü'nü (Human Machine Interface HMI) SCADA sistemlerine entegre etmiştir. HMI/SCADA sistemlerine kontrolörler, giriş-çıkış cihazları, ağlar ve sisteme uygun yazılım gibi bileşenleri dahil ederek HMI/SCADA sistemleri PLC'ler ile tam uyumluluk sunmaktadır [6]. Genel bir SCADA sistemi, dağıtılmış bir veri tabanından oluşmaktadır ve bu dağıtılmış veri tabanı, donanım veya yazılım olabilen uç noktalar adı verilen öğeleri içermektedir [7]. SCADA sistemi sayesinde giriş veya çıkış uç noktaları kontrol edilir ve izlenir ayrıca tüm uç noktalarının geçmiş durumlarına sahip olmak için uç noktalarının durumları veri tabanında saklanır. Aynı zamanda, SCADA sistemi Elektrik Güç Sisteminde tahmini bakıma ve sistem güvenliğine yardımcı olmaktadır [8,9]. Böylece SCADA sistemi, temel işlevler, haberleşme ve grafik kullanıcı arayüzü olmak üzere üç katmanlı bir yapıya sahiptir. Temel işlevler katmanında, gerçek zamanlı olarak denetlenen donanımların bilgileri haberleşme protokolleri yoluyla ile anlık olarak grafik kullanıcı yazılımı arayüzünde grafiksel olarak izlenebilir ve denetlenebilir. Ayrıca grafik kullanıcı arayüzü yazılımı donanımlardan elde edilen verileri toplama, alarm yönetimi, veri tabanı yönetimi ve raporlama işlemleri gibi özellikleri de içermektedir [10]. Son zamanlarda, araştırmacılar tarafından SCADA sisteminin kullanım alanları ile ilgili literatürde çeşitli çalışmalar yaygın olarak bulunmaktadır. Örneğin, yenilenebilir enerji kaynakları olan rüzgar enerjisi sisteminin takibi [11], akıllı binaların güneş enerjisi sisteminin

kontrolü [12], güneş ve rüzgar enerjisi dağıtım sistemlerinin izlenmesi ve kontrolü [10] gibi uygulamaların yanında yenilenebilir enerji sektöründe SCADA sistemleri farklı uygulamalarda başarılı bir şekilde kullanılmıştır [9,11-13]. SCADA sistemleri, su arıtma sistemleri [6,14], su dağıtım sistemleri [15,16] ve kritik altyapı kazalarının [17] izlenmesi ve kontrolü gibi su ve altyapı sistemlerinde kullanılmaktadır. Ayrıca, SCADA sistemleri doğal gaz [18] ve petrol sektörünün [19] dağıtım sistemlerinin izlenmesi ve kontrolü, aynı zamanda petrol arıtıcı sistemlerinde de kullanılmaktadır [20,21]. SCADA sistemleri veri madenciliği ve makine öğrenme algoritmaları ile enerji üretim tahmini sistemlerinde de kullanılmaktadır [22].

Bu çalışmada, SCADA sistemi şehir içi ve şehirlerarası yolların aydınlatma sisteminin izlenmesi ve kontrolü amacı ile kullanılmıştır. SCADA sistemi ile arızalar tespit edilerek ve bu arızalara göre ani müdahaleler yapılarak şehirler için park ve sokaklarda güvenlik sağlarken şehirlerarasında dengeli bir ışık sistemi ile güvenli bir trafik sağlar. Bu çalışmanın birinci bölümünde, SCADA ve SCADA kullanımı hakkında bilgiler verilmiştir. İkinci bölümünde, SCADA hakkında genel bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümünde, şehir içi ve şehirlerarası aydınlatma sistemi hakkında

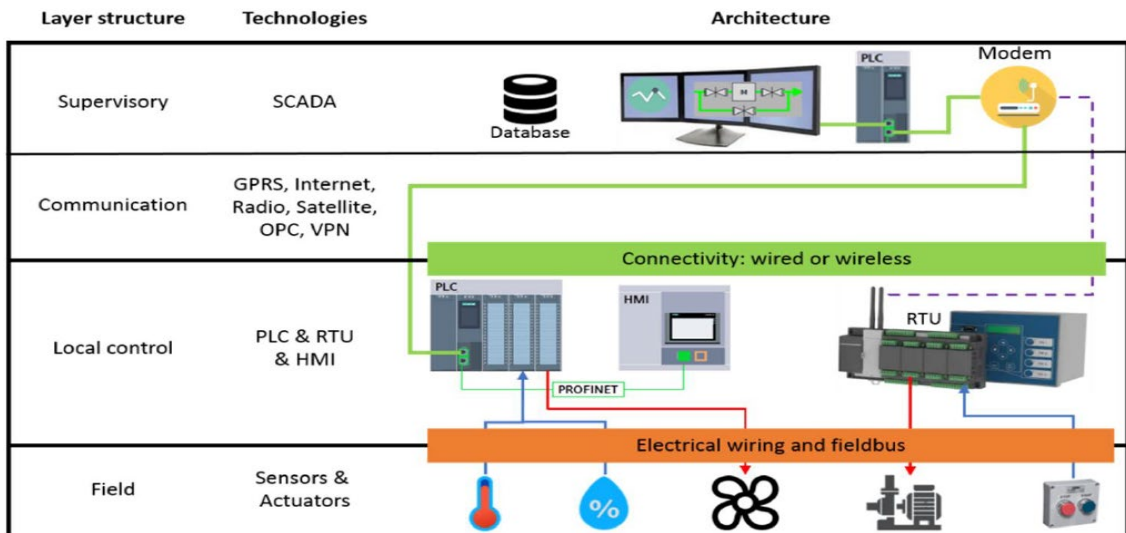
bilgiler sunulmuştur. Dördüncü bölümünde, SCADA sistemi ile şehir içi ve şehirlerarası aydınlatma sisteminin tasarımı açıklanmıştır. Son bölümde ise çalışmanın sonucu verilmiştir.

2. YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemler bu başlığın alt başlıklarında detaylı olarak verilmiştir.

2.1. SCADA Sistemi

SCADA, Türkçesi “Denetim kontrolü ve veri toplama” anlamına gelen “Supervisory Control and Data Acquisition” kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır [23]. SCADA sistemi genel olarak donanım, haberleşme ve yazılım olmak üzere üç katmandan oluşmaktadır [3]. Donanım katmanında, saha ekipmanları, bu ekipmanları kontrol eden uzak uç birimi (Remote Terminal Unite RTU), PLC ve mikrodenetleyici gibi denetleme ve veri toplama kartları bulunmaktadır. Haberleşme katmanında haberleşme cihazları bulunmaktadır. Yazılım katmanında ise denetleme ve veri toplama kartının yazılımı ile merkezi İnsan Makine Arayüzü (HMI) yazılımından oluşmaktadır. Genel bir SCADA sisteminin yapısı Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. SCADA sisteminin yapısı [6]

SCADA sistemi, işleme endüstrilerinde üretkenliği ve verimliliği ciddi bir şekilde artıran bilgisayar teknolojisinin son derece önemli bir uygulamasıdır. SCADA sistemi genellikle üretim işlemleri, arıtma işlemleri ve dağıtım sistemleri üzerinde uygulanmaktadır [24]. SCADA sistemleri, kontrolün yanı sıra, büyük ve karmaşık işletme sistemlerinin güvenli bir şekilde çalıştırılabilmesi ve nispeten küçük bir ekip tarafından bakımının yapılabilmesi için izleme, veri toplama, alarm, raporlama ve problem teşhis fonksiyonlarını da yerine getirmektedir [25]. SCADA sisteminin işlevleri aşağıda sırasıyla verilmiştir.

Kontrol işlevi: SCADA sistemleri, tanklarda belirli seviyeleri, akış hızlarını, belirli sıcaklık ve basınç değerlerini elde etmek için P, PI ve PID kontrol algoritmaları gibi standart kontrol algoritmalarını çalıştırabilir. Ayrıca, SCADA sistemleri ile pompaların başlatılması ve durdurulması, vanaların açılması ve kapanması ve diğer saha ekipmanlarının Açma/Kapama olarak otomatik kontrolü sağlanabilir [26].

İzleme işlevi: Genel olarak, saha aygıtları ile operatör arasında etkili bir görsel arayüz yazılımı sağlamak SCADA sisteminin önemli bir işlevidir. Bu görsel arayüz yazılımı, saha ekipmanlarının değerlerini görüntülemek ve bu değerleri animasyonlu grafiklerin içine dahil etmek için gelişmiş bir araç setine sahiptir. Ayrıca, gerçek zamanlı olarak veri toplama ve bu verilerin zamana dayalı değişimlerini göstererek süreçlerdeki değişimlerin detaylı bir şekilde gözlemlenebilmesine olanak sağlar [27].

Veri toplama ve raporlama işlevi: Sahada bulunan ekipmanlardan toplanan veriler sisteme belirli bir haberleşme yöntemi ile aktarıldıktan sonra, SCADA sistemi seçilen verileri daha sonra geri çağırabilmek ve gözden geçirebilmek amacıyla arşivler. Bu veriler, sahada bulunan ekipmanların belirli zaman ve tarih aralığında ki durumlarını içermektedir. Örneğin, hangi alarmların meydana geldiği, hangi ayar noktası değişikliklerinin yapıldığı ve hangi ekipmanın başlatıldığı veya durdurulduğu gibi bilgileri içerir. İhtiyaç durumunda, arşivlenen veriler kronolojik

akışlarına göre SCADA sisteminden .csv, .docx veya .pdf dosya formatında rapor şeklinde dışarı aktarılabilir [4].

Alarm işlevi: SCADA sisteminde veriler grafik ekranlarına entegre edilir ve sistemde istenmeyen durumlar sonucu meydana gelen alarmlar, grafiksel, telefon araması veya bildirimler şeklinde kullanıcılara bildirilir [25].

2.2. Şehir İçi ve Şehirlerarası Aydınlatma Sistemleri

Günümüzde şehir içi ve şehirlerarası aydınlatma sistemleri güvenlik açısından önem taşımaktadır. Bir şehrin park alanlarında ve sokaklarında güvenlik sağlayan aydınlatma sistemleri aynı zamanda sakin ve ışıklı bir atmosfer yaratmaktadır. Bunlara ek olarak, şehrin aydınlatma sistemleri vatandaşlara yaya ve bisiklet yollarında olası zemin düzensizliklerinin fark edilmesini sağlamaktadır. Şehir içi ve şehirlerarasında bulunan trafik yolları, caddeler ve çevre yolları dengeli bir aydınlatma sistemi ile yolculara çok güvenli bir trafik ve çevrenin daha iyi bir şekilde algılanmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla, şehir içi ve şehirlerarası yollarında meydana gelen kazaları ve kötü olayları en aza indirmek amacıyla şehir içi ve şehirlerarası yollar için doğru ve kaliteli bir aydınlatma sistemi şarttır. Şehir içi ve şehirlerarası aydınlatma sistemlerinin görüntüleri Şekil 2'de verilmiştir.



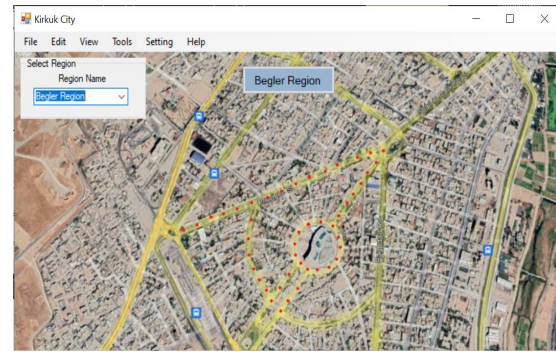
Şekil 2. Şehir ve şehirlerarası aydınlatma sistemleri

Tüm şehirler, vatandaşlarına enerji, iletişim, kamu aydınlatması ve diğer hizmetleri sağlayan altyapı ağlarına sahiptir. Bu altyapı ağları büyük bir entegrasyon içinde olmasına rağmen, değiştirildiğinde veya güncellendiğinde, genellikle birbirinden bağımsız olarak yapılmaktadır. Fakat modern teknoloji, daha güvenli şehir ortamları, daha iyi bağlantı ile şehirlere ve vatandaşlarına daha fazla hizmet sunmak için bu entegrasyonu kullanabilir. Kamu aydınlatma altyapısı bir şehir için yalnızca akıllı aydınlatma sistemi değildir, aynı zamanda birden fazla işlev ve fayda sunan bir sistemdir. Şehir içi veya şehirlerarası yollarında bulunan aydınlatma direkleri bir merkezden izlenebilir ve kontrol edilebilir durumda olması için telekomünikasyon teknolojileri ile entegre edilebilir. Merkezi sistem izleme ve kontrol sayesinde şehirlerin ve şehirler arasında yer alan yolların trafiğinin olmadığı zamanlarda aydınlatma tasarrufu yapılabilir ya da tamamıyla kapatılabilir. Buna ek olarak, şehir içinde veya şehirler arasında bulunan aydınlatma direklerinin algılayıcıların da bir arıza meydana geldiğinde yerinde müdahaleye gerek kalmadan bu direkler merkezden kontrol edilebilir.

3. ŞEHİR İÇİ VE ŞEHİRLERARASI AYDINLATMA SİSTEMLERİ İÇİN TASARLANAN SCADA YAZILIMI

Bu bölümde, şehir içi ve şehirlerarası aydınlatma sistemi için tasarlanan SCADA yazılımının tasarımı açıklanmıştır. Bu çalışmada, Irak-Kerkük şehrinin ana caddeleri ve Kerkük şehrinin bağlı olduğu komşu şehirleri arasında şehirlerarası yollarının aydınlatma sistemleri tasarlanan SCADA yazılımı ile izlenmiş ve kontrol edilmiştir. Vatandaşlar tarafından belirli zamanlar arasında bu yolların bazıları yoğun bir şekilde kullanılırken diğeri ise yoğun bir şekilde kullanılmamaktadır. Tasarlanan SCADA yazılımının izleme yeteneği ile bu yollarda dengeli bir aydınlatma kullanılarak enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Buna ek olarak, aydınlatma sisteminin çalışma ve arıza bilgileri kullanıcı tarafından belirlenen zamanlara göre veri

tabanına kaydedilmektedir. Bu da yöneticilere bilgi analizi imkanı sunmaktadır. Tasarlanan sistemde bilgiler anlık olarak izlenmesi feci kazaların önüne geçilmesi ve arızaların daha kısa sürede çözülmesi açısından büyük bir avantaj sağlamaktadır. Tüm bu bilgiler MQTT haberleşme protokolü ile merkeze aktarılmaktadır. Örnek bir bölgenin aydınlatma sistemi görsel olarak Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Örnek bir bölgenin aydınlatma sistemi

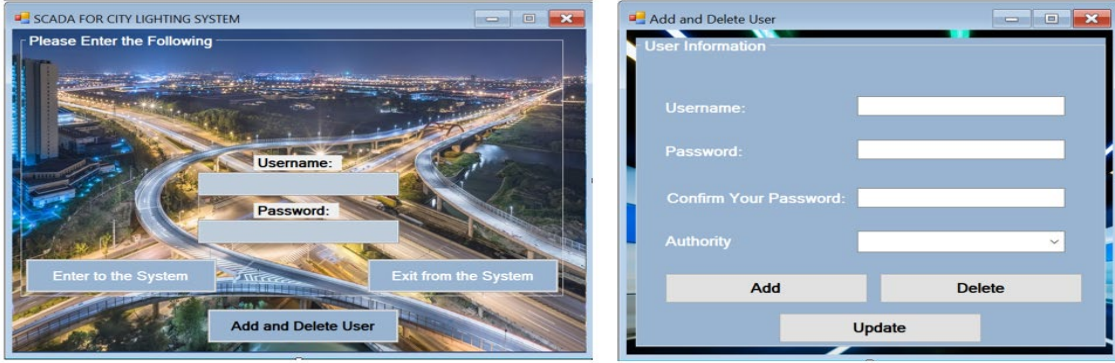
Sistemin genel yapısı saha istasyonu (yollar) ile merkez istasyondan oluşmaktadır. Saha istasyonunda aydınlatma direkleri, ışık ve arıza tespit algılayıcı, mikrodenetleyici ve veri alışverişi için router bulunmaktadır. Saha istasyonunda bulunan aydınlatma direkleri, algılayıcılardan gelen bilgilere göre mikrodenetleyici tarafından kontrol edilmektedir. Ayrıca, aydınlatma direklerinin ve algılayıcıların bilgileri ve durumları belirli aralıklarla belli adreslerde tutulmakta ve bu bilgiler ve durumlar haberleşme yolu ile merkez istasyonuna aktarılmaktadır. Merkez istasyonunda ise birden fazla kişisel bilgisayar, yazıcılar ve tarayıcılar bulunmaktadır. Bu çalışmada, tasarlanan SCADA yazılımın özellikleri aşağıda alt bölüm olarak verilmiştir.

3.1. Kullanıcı Yönetimi

Şehir içi ve şehirlerarası aydınlatma sistemi için tasarlanan SCADA yazılımı kullanıcı tabanlı bir sistemdir. Bu kullanıcı tabanlı özelliği ile sistemde çalışan ekiplere belirli haklar ve kısıtlamalar verilmektedir. Tasarlanan SCADA sisteminde yönetici, izleme, kontrol, rapor ve alarm şeklinde

kullanıcılara haklar tanımlanabilir. Bir kullanıcı yönetici olarak tanımlandığı zaman SCADA yazılımının tüm işlemlerini görebilir ve tüm

pencerelere erişebilir. Şehir içi ve şehirlerarası aydınlatma sisteminin kullanıcı yönetimi ekranı Şekil 4’te verilmiştir.

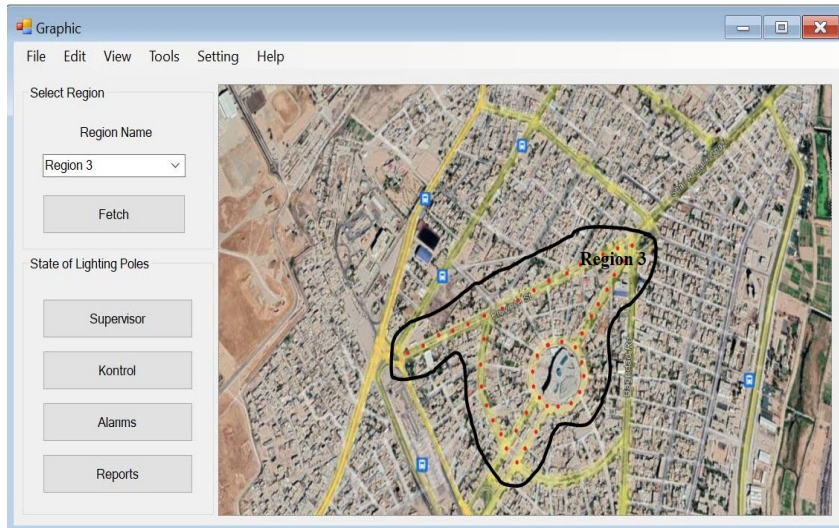


Şekil 4. Örnek bir bölgenin aydınlatma sistemi

Şekil 4’te görüldüğü gibi her bir kullanıcı kendine ait kullanıcı adı ve şifresi ile giriş yaptığında daha önce yönetici tarafından kullanıcıya verilen haklara erişebilir. Dolayısıyla, kullanıcı yönetimi özelliği ile şehir içi ve şehirlerarası aydınlatma sistemi kullanıcıları kendilerine tanınan haklar doğrultusunda sistemi kullanabilirler. Aynı zamanda tasarlanan SCADA yazılımı çoklu kullanıcı özelliği de taşımaktadır, yani birden fazla kullanıcı aynı hak veya hakları alabilir.

3.2. Grafik Yetenekleri

Şehir içi ve şehirlerarası aydınlatma sistemi için tasarlanan SCADA sistemi içerisinde yer alan aydınlatma direklerinin merkezden daha net ve detaylı bir şekilde izlenmesi ve kontrol edilmesi amacıyla yüksek çözünürlüklü, renkli ve animasyonlu bir arayüze sahiptir. Bu arayüzün pencereleri grafik yazılım paketi içermektedir. Örnek bir bölgenin görsel arayüz penceresi Şekil 5’te verilmiştir.

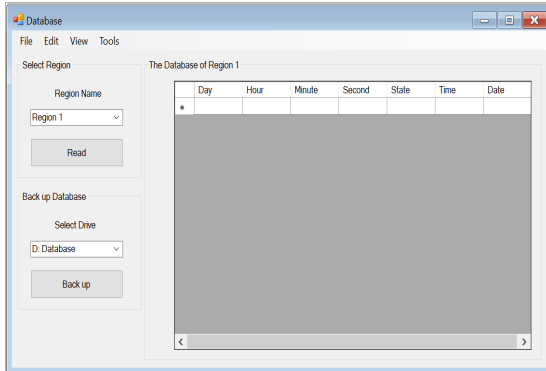


Şekil 5. Örnek bir bölgenin görsel arayüz penceresi

Şekil 5'te görüldüğü gibi grafik yazılım paketi ile seçilen bir bölgenin harita üzerinde çok net bir şekilde sağlanmaktadır. Buna ek olarak, grafik düzenleyici özelliği ile haritada bulunan kırmızı nokta şeklinde gösterilen direklerin boyutları ve renkleri kullanıcılar tarafından çok kolay bir şekilde değiştirilebilmektedir. Aynı zamanda aydınlatma direklerinin çalışıp çalışmadığı görsel bir şekilde kullanıcılara sunulmaktadır.

3.3. Veri Tabanı Yönetimi

Şehir içi ve şehirlerarası aydınlatma sistemi için tasarlanan SCADA sisteminde veri tabanı yönetimi yer almaktadır. Mikrodnetleyicilerden gelen aydınlatma direkleri ile ilgili algılayıcı ve lamba bilgileri belirli aralıklara gerçek zamanlı olarak veritabanına kaydedilmektedir. Bu bilgiler, lambaların algılayıcı değerlerine göre çalışıp çalışmadığı, algılayıcılarda meydana gelen arıza bilgileri ve herhangi bir aksaklıktan veya arızadan dolayı aydınlatma direklerin çalışıp çalışmadığıdır. Aynı zamanda, aydınlatma direklerden gelen bilgilerin hangi saatte ve hangi tarihte meydana geldiği de tutulmaktadır. Şekil 6'da örnek bir bölgenin veri tabanı verilmektedir.

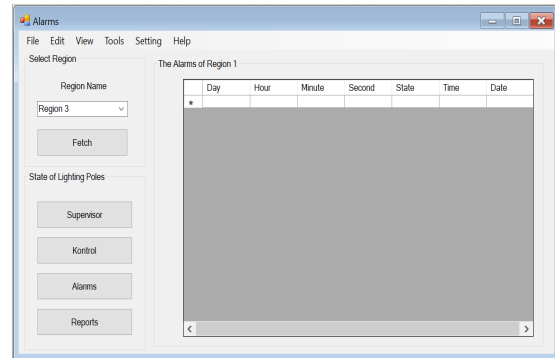


Şekil 6. Örnek bir bölgenin veri tabanı

Şekil 6'da görüldüğü gibi tasarlanan SCADA yazılımında arka planda her bölge için gün, saat, dakika, saniye, ekipmanların durumları, zaman ve tarih bilgileri veri tabanına kaydedilmektedir. Ayrıca, her bölgenin veritabanı kullanıcı tarafından belirlenen süreler arasında yedeklenmektedir.

3.4. Alarm Yönetimi

Tasarlanan SCADA yazılımı alarm yönetici özelliği ile aydınlatma direklerinde meydana gelen tüm uyarılar hem görsel hem de bilgi şeklinde veri tabanına kaydedilmektedir. Ayrıca önemli bölgelerin önemli yerlerde bulunan aydınlatma direklerinde bir arıza oluştuğunda, bu arızalar da alarm olarak veritabanına kaydedilmektedir. Şekil 7'de örnek bir bölgenin alarm yönetimi penceresi verilmektedir.

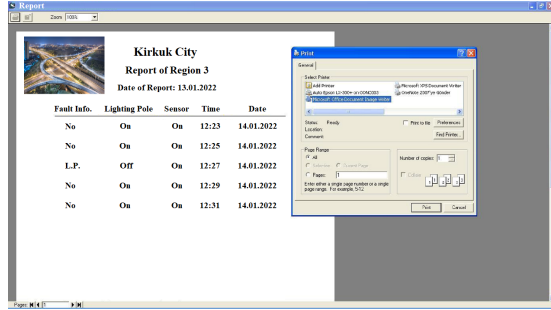


Şekil 7. Örnek bir bölgenin alarm yönetimi penceresi

Operatörlerin ve kullanıcıların işlerini kolaylaştırmak ve aydınlatma direklerinde ortaya çıkan problemleri bir an önce yok etmek amacıyla, Bu arızalar, daha önceden tanımlanan uyarılar, alarm yönetici yazılımı ile operatörlere sesli ve görüntülü olarak bildirilmektedir. Aydınlatma direklerinde alarm durumu oluştuğunda uyarılmak için önceden yapılan tanımlamalara göre sesli ve görüntülü uyarı verilebilmekte, önceden tanımlanmış alarm mesajları ekrana ve yazıcıya gönderilebilmekte ve oluşan alarmlar daha sonra incelenebilmesi için sunucu veya bilgisayarın diskinde saklanabilmektedir.

3.5. Rapor Üretim Yönetimi

SCADA merkezinde arşivlenen bilgiler veya veri tabanı bloklarının gerçek zamanlı değerleri kullanılarak gereksinim duyulan raporlar yazıcıdan alınabilmektedir. Bu amaçla bir rapor paketi sağlanmıştır. Örnek bir bölgenin günlük rapor ekranı Şekil 8'de verilmektedir.



Şekil 8. Örnek bir bölgenin günlük rapor ekranı

Şekil 8’de görüldüğü gibi rapor paketi, bir rapor tanımlama yazılımı ile yapılan tanımlara uygun şekilde raporları üretecek bir rapor üretme yazılımından oluşmaktadır. Rapor tanımlama yazılımı aracılığıyla yazıcıdan üretilen raporların şekli ve içeriği tanımlanmış ve rapor üretme mantığı belirlenmiştir. Rapor tanımlarken sayfa üzerine istenilen yerlere rapor başlıkları ve açıklayıcı yazılar konulmuş, değeri arşivden ya da veri tabanından gelecek değerler için de arşive ya da veri tabanına erişimi sağlayacak tanımlar (arşiv dosyası adı, etiket adı v.b.) sayfa üzerinde ilgili yerlerine konularak rapor tanımı oluşturulmuştur.

4. SONUÇLAR

SCADA sistemi birden fazla sektörde uygulanmaktadır ve geniş uygulama alanına sahiptir. SCADA sistemi, donanım ve yazılımdan oluşmakta olup çok sayıda sektörde geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu sistemlerin uygulama alanları her geçen gün genişlemektedir. Bu çalışmada, otomasyon ve SCADA sistemi; donanım, yazılım, iletişim protokolleri ile bağlantı tipleri yönünden incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda, şehir içi ve şehirlerarası yolların aydınlatma sisteminin izlenmesi ve kontrolü SCADA sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Şehir içi ve şehirlerarası yolların aydınlatma sistemi için standart SCADA yazılımı yerine Visual Studio C#.NET editörünü kullanarak hem veri toplama ve kontrol kartına hem de sisteme uygun bir yazılım tasarlanmıştır. Tasarlanan yazılım, standart SCADA yazılımının kullanıcı yönetimi, grafik yetenekleri, veri tabanı yönetimi, alarm yönetimi ve rapor üretim yönetimi gibi önemli tüm özelliklerini kapsamaktadır. Sonuç olarak, şehir içi

ve şehirlerarası yolların aydınlatma sistemi için tasarlanan SCADA yazılımı çok başarılı bir şekilde aydınlatma direklerinden gelen bilgileri görsel olarak kullanıcılara yansıtmaktadır. Bunun sayesinde kusurların ve hataların giderilmesi daha hızlı ve verimli bir şekilde yapılmaktadır. Buna ek olarak tasarlanan SCADA yazılımı ile şehir içi ve şehirlerarası yolların aydınlatma sistemi daha düşük bir maliyet ile işletilmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Figueiredo, J., Da Costa, JS., 2012. A SCADA System for Energy Management in Intelligent Buildings. *Energy and Buildings*, 49, 85-98.
2. Tomić, J., Kušljević, M., Vidaković, M., Rajs, V., 2014. Smart SCADA System for Urban Air Pollution Monitoring. *Measurement*, 58, 138-146.
3. Enescu, FM., Bizon, N., 2017. SCADA Applications for Electric Power System. In: *Reactive Power Control in AC Power Systems*, Springer, 561-609.
4. Maseda, F.J., López, I., Martija, I., Alkorta, P., Garrido, A.J., Garrido, I., 2021. Sensors Data Analysis in Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems to Foresee Failures with an Undetermined Origin. *Sensors*, 21, 8, 2762.
5. Yadav, G., Paul, K., 2021. Architecture and Security of SCADA Systems: A Review. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 34, 100433.
6. Brad, S., Murar, M., Vlad, G., Brad, E., Popanton, M., 2021. Lifecycle Design of Disruptive SCADA Systems for Waste-Water Treatment Installations. *Sustainability*, 13(9), 4950.
7. Vásquez, E., Castrillón, H., 2021. Scientific Literature Review for the Search of Vulnerabilities and Pentesting Tools for SCADA System. In *International Congress of Telematics and Computing*, Springer, Cham.
8. Jozi, A., Ramos, D., Gomes, L., Faria, P., Pinto, T., Vale, Z., 2019. Demonstration of an Energy Consumption Forecasting System for Energy Management in Buildings. In *EPIA*

- Conference on Artificial Intelligence, Springer, Cham.
9. Katyara, S., Shah, M. A., Chowdhary, B. S., Akhtar, F., Lashari, G. A., 2019. Monitoring, Control and Energy Management of Smart Grid System via WSN Technology Through SCADA Applications. *Wireless Personal Communications*, 106, 4, 1951-1968.
 10. Abou El-Ela, A. A., El-Sehiemy, R. A., El-Shebiny, A. M., 2019. Review of SCADA System for Distribution Power System Automation. *ERJ. Engineering Research Journal*, 42(2), 93-98.
 11. Dai, J., Tan, Y., Shen, X., 2019. Investigation of Energy Output in Mountain Wind Farm Using Multiple-units SCADA Data. *Applied Energy*, 239, 225-238.
 12. Parisio, A., Molinari, M., Varagnolo, D., Johansson, K.H., 2018. Energy Management Systems for Intelligent Buildings in Smart Grids. In *Intelligent Building Control Systems*, Springer, Cham.
 13. Kumar, A., Singh, A., Kumar, A., Singh, M. K., Mahanta, P., Mukhopadhyay, S.C., 2018. Sensing Technologies for Monitoring Intelligent Buildings: A Review. *IEEE Sensors Journal*, 18, 12, 4847-4860.
 14. Sean, W.Y., Chu, Y.Y., Mallu, L.L., Chen, J.G., Liu, H.Y., 2020. Energy Consumption Analysis in Wastewater Treatment Plants Using Simulation and SCADA System: Case Study in Northern Taiwan. *Journal of Cleaner Production*, 276, 124248.
 15. Dobriceanu, M., Bitoleanu, A., Popescu, M., Enache, S., Subtirelu, E., 2008. SCADA System for Monitoring Water Supply Networks. *WSEAS Transactions on Systems*, 1(7), 1070-1079.
 16. Saravanan, K., Anusuya, E., Kumar, R., Son, L.H., 2018. Real-time Water Quality Monitoring Using Internet of Things in SCADA. *Environmental Monitoring and Assessment*, 190(9), 1-16.
 17. Gold, S., 2009. The SCADA Challenge: Securing Critical Infrastructure. *Network Security*, 2009(8), 18-20.
 18. Qiang, G.U.O., De-Ju, M.O., 2005. Application of SCADA System in Natural Gas Dispatching Network. *Journal of Beijing University of Chemical Technology*, 32(1), 78.
 19. Subramanian, N., 2008. Improving Security of Oil Pipeline SCADA Systems Using Service-Oriented Architectures. In *OTM Confederated International Conferences" On the Move to Meaningful Internet Systems"*, Springer, Berlin, Heidelberg.
 20. Morsi, I., El-Din, L. M., 2014. SCADA System for Oil Refinery Control. *Measurement*, 47, 5-13.
 21. Sabri, L.A., Mohammed, S.A., Issa, M.I., 2017. Design of SCADA System for Oil Pipeline Control Using LabVIEW. *Al-Nahrain Journal for Engineering Sciences*, 20(3), 600-614.
 22. Garbea, R., Scarlatache, F., Grigoras, G., Neagu, B.C., 2021. Integration of Data Mining Techniques in SCADA System for Optimal Operation of Hydropower Plants. In *2021 13th International Conference on Electronics, Computers and Artificial Intelligence (ECAI)*, IEEE.
 23. Gündoğdu, S., Şahin, Ö., 2008. Su Dağıtım Sistemlerinde SCADA Uygulaması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 10(3), 23-32.
 24. Andhare, S.L., Palkar, P.J., 2014. SCADA a Tool to Increase Efficiency of Water Treatment Plant. *Asian Journal of Engineering and Technology Innovation*, 2(4), 7-14.
 25. Hunzinger, R., 2017. SCADA Fundamentals and Applications in the IoT. *Internet of Things and Data Analytics Handbook*, 283-293.
 26. Bailey, D., Wright, E., 2003. *Practical SCADA for Industry*. Elsevier, 512.
 27. VanderZee, M., Fisher, D., Powley, G., Mohammad, R., 2015. Scada: Supervisory Control and Data Acquisition. *Oil and Gas Pipelines*, 6(3), 13-26.

