

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI**

DOKTORA TEZİ

**SANAL ORTAMDA TASARLANAN PROGRAMLANABİLİR
DENETLEYİCİNİN GERÇEK ORTAM UYGULAMASI VE
ANALİZİ**

HAKAN AYDOĞAN

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



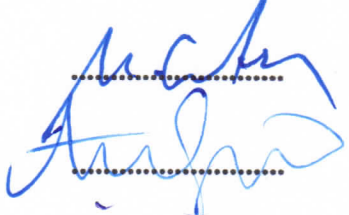
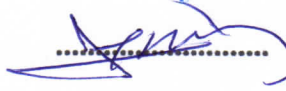
ELEKTRİK EĞİTİMİ
ANABİLİM DALI

DOKTORA TEZİ

SANAL ORTAMDA TASARLANAN PROGRAMLANABİLİR
DENETLEYİCİNİN GERÇEK ORTAM UYGULAMASI VE
ANALİZİ

HAKAN AYDOĞAN

Prof. Dr. Faruk ARAS
Danışman, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Ercüment KARAKAŞ
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Prof. Dr. Mustafa Caner AKÜNER
Jüri Üyesi, Marmara Üniversitesi
Doç. Dr. Ayşe ERGÜN AMAÇ
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi
Dr. Öğr. Üyesi İsmail TEMİZ
Jüri Üyesi, Marmara Üniversitesi

Tezin Savunulduğu Tarih: 15.02.2019

ÖNSÖZ

Elektrik, elektrik-elektronik, mekatronik, otomasyon gibi alanlarda, mesleki liseler, teknik yüksekokullar ve mühendislik bölümlerinde yetiştirilen öğrenciler ve söz konusu alanlarda faaliyet gösteren işyerleri için PLC eğitimi ve program tasarımı ihtiyacını karşılayabilecek bir sanal PLC sistemi tasarlanmıştır. Bu sistem kullanılarak PLC alanında eğitim almak ve program tasarımı yapmak isteyen öğrenciler veya çalışanlar sisteme girerek beraberce bir PLC program tasarımını, simülasyonunu ve sanal gerçekleştirme olayını yapabilmektedirler. Ayrıca gerçek dünyada çalışabilen bir PLC sistemi tasarlanmış ve uygulanmıştır. İnternet yoluyla bu sanal ve gerçek dünya PLC sistemleri birbirlerine entegre edilerek sanal dünyada tasarlanan bir PLC programı doğrudan gerçek dünyaya aktarılmaktadır.

Öğrettiği teorik ve uygulamalı derslerin yanında, rehberliği ve desteği ile beni yetiştiren çok değerli hocam, tez danışmanım Prof. Dr. Faruk ARAS'a, hem yüksek lisans hem de doktora çalışmalarım süresince desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Ercüment KARAKAŞ'a ve değerli çalışma arkadaşlarıma ve aileme teşekkür ederim.

Şubat-2019

Hakan AYDOĞAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
TABLolar DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT	ix
GİRİŞ	1
1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	4
2. SANAL DÜNYALAR.....	15
2.1. Second Life	16
2.1.1. Kurulumu ve kullanımı	18
2.1.2. Üç boyutlu tasarım aracı	20
2.1.3. Yazılım geliştirme olanağı.....	22
3. SECOND LIFE'DA EĞİTİM UYGULAMALARINA KATKILAR	24
3.1. SL'de Hidroelektrik Santrali	24
3.1.1. SL'de hidroelektrik santralinin simülasyon tasarımı	24
3.1.2. SL'de hidroelektrik santralinin sonuçları.....	26
3.2. SL'de Yenilenebilir Enerji	26
3.2.1. SL'de yenilenebilir enerjinin simülasyon tasarımı	26
3.2.2. SL'de yenilenebilir enerjinin sonuçları.....	28
3.3. SL'de Güç Transformatörleri.....	29
3.3.1. SL'de güç transformatörlerinin simülasyon tasarımı.....	29
3.3.2. SL'de güç transformatörlerinin sonuçları	31
3.4. SL ile Motor Kontrolü	33
3.4.1. SL ile motor kontrolünün simülasyon tasarımı.....	33
3.4.2. SL ile motor kontrolünün sonuçları	34
4. PLC TASARIMLARI VE ENTEGRASYONU	35
4.1. 3D Sanal Dünyada PLC Sistemi	35
4.1.1. 3D sanal dünyada PLC sisteminin tasarımı	35
4.1.2. 3D sanal dünyada PLC sisteminin sanal gerçekleşmesi.....	47
4.1.3. 3D sanal dünyada PLC sisteminin testleri	49
4.1.4. 3D sanal dünyada PLC sisteminin değerlendirilmesi	51
4.2. Gerçek Dünyada PLC Sistemi	52
4.2.1. Gerçek dünyada PLC sisteminin tasarımı.....	52
4.2.2. Gerçek dünyada PLC sisteminin gerçekleşmesi.....	59
4.2.3. Gerçek dünyada PLC sisteminin testleri.....	61
4.2.4. Gerçek dünyada PLC sisteminin değerlendirilmesi.....	63
4.3. Sanal ve Gerçek Dünya PLC Entegrasyonu	63
4.3.1. Sistemlerin entegrasyonu	63
4.3.2. Entegrasyonun değerlendirmeleri	71

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	72
5.1. Sonuçlar	72
5.2. Öneriler	73
KAYNAKLAR	75
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	84
ÖZGEÇMİŞ	86



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Second Life internet sitesi.....	18
Şekil 2.2. Avatar seçimi	19
Şekil 2.3. Second Life indirme ekranı.....	19
Şekil 2.4. Avatarın kullanımı	20
Şekil 2.5. Üç boyutlu tasarım aracı	21
Şekil 2.6. Komut dosyası	22
Şekil 2.7. Değişken tanımlama.....	23
Şekil 3.1. Oryantasyon	24
Şekil 3.2. Sanal derslik.....	25
Şekil 3.3. Cebri borular	25
Şekil 3.4. Salyangozlar.....	26
Şekil 3.5. Rüzgar türbinleri	27
Şekil 3.6. Şalt sahası	27
Şekil 3.7. Güç transformatörü	29
Şekil 3.8. Sargılar ve nüve	30
Şekil 3.9. Etkileşimli parçalar	30
Şekil 3.10. Transformatör eğitim ortamı.....	31
Şekil 3.11. SL’de motor	33
Şekil 3.12. Gerçek hayatta motor	34
Şekil 4.1. 3x3 hücreli PLC paneli	35
Şekil 4.2. X23 hücresinin etkin hale getirilme durumları	36
Şekil 4.3. X23 hücresi için lojik tasarım	37
Şekil 4.4. Örnek tasarım.....	37
Şekil 4.5. 6x6 hücreli PLC panel tasarımı	38
Şekil 4.6. SLPLC paneli.....	38
Şekil 4.7. SLPLC için kullanılan doku dosyası	39
Şekil 4.8. Tıklama olayının yazılımı.....	41
Şekil 4.9. Çerçeve yazılımının bir kısmı.....	41
Şekil 4.10. Hücreye tıklama	42
Şekil 4.11. Sembol seçimi.....	42
Şekil 4.12. Yönetici nesnesine veri gönderimi.....	43
Şekil 4.13. Sembol yerleşimi	43
Şekil 4.14. Silme butonuna ait kod parçası	44
Şekil 4.15. Hücreye ait silme kod parçası	44
Şekil 4.16. Oynat butonunun birinci durum dinleme kod parçası.....	45
Şekil 4.17. Güncelleme alt programının akış diyagramı.....	46
Şekil 4.18. Simülasyon paneli	47
Şekil 4.19. Sanal gerçekleştirme ekipmanları	47
Şekil 4.20. Sanal gerçekleştirme lambasının 1. durum kod parçası.....	48
Şekil 4.21. Sanal gerçekleştirme lambasının 2. durum kod parçası.....	48
Şekil 4.22. 1. Test programı	49
Şekil 4.23. SLPLC 1. test sonuçları	49
Şekil 4.24. 2. Test programı	50

Şekil 4.25. SLPLC 2. test sonuçları	50
Şekil 4.26. SLPLC işbirlikçi öğrenme	51
Şekil 4.27. SLPLC toplu öğrenme	51
Şekil 4.28. RLPLC şeması	53
Şekil 4.29. RLPLC devresi 1. kısım.....	54
Şekil 4.30. RLPLC devresi 2. kısım.....	55
Şekil 4.31. RLPLC devresi 3. kısım.....	56
Şekil 4.32. 1. işlemci iş akış diyagramı.....	57
Şekil 4.33. Kesme iş akış diyagramı	58
Şekil 4.34. RLPLC baskı devresini	59
Şekil 4.35. RLPLC devresinin ilk katı	59
Şekil 4.36. RLPLC devresinin ikinci katı	60
Şekil 4.37. RLPLC devresi	60
Şekil 4.38. RLPLC cihazı	61
Şekil 4.39. RLPLC 1. test sonuçları.....	62
Şekil 4.40. RLPLC 2. test sonuçları.....	62
Şekil 4.41. Sahipler tablosunun ekran görüntüsü.....	64
Şekil 4.42. PLC tablosunun ekran görüntüsü.....	64
Şekil 4.43. Örnek PLC veri paketi	65
Şekil 4.44. İndirme butonunun tıklama kod parçası	65
Şekil 4.45. İndirme butonunun veri gönderme kod parçası	66
Şekil 4.46. Sunucu sayfasının 1. kod parçası	67
Şekil 4.47. İndirme butonu “http_response” kod parçası.....	67
Şekil 4.48. Avatara ait RLPLC cihazlarının isimleri	68
Şekil 4.49. Sunucu sayfasının 2. kod parçası	68
Şekil 4.50. Sunucu sayfasının 3. kod parçası	69
Şekil 4.51. 2. İşlemciye ait akış diyagramı	70
Şekil 4.52. Sunucudan PLC verisi isteme kod parçası.....	71
Şekil 4.53. PLC verisini elde etmek için kod parçası	71

TABLULAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Diğer öğrencilerin puanları.....	28
Tablo 3.2. SL’de eğitilen öğrencilerin sınav ortalamaları.....	28
Tablo 3.3. Öntest sonuçları (Mann - Whitney U Test Sonuçları)	31
Tablo 3.4. Kontrol grubunun öntest ve sontest sonuçları (Wilcoxon Signed Ranks Test Sonuçları).....	32
Tablo 3.5. Deney grubunun öntest ve sontest sonuçları (Wilcoxon Signed Ranks Test Sonuçları).....	32
Tablo 3.6. Sontest sonuçları (Mann - Whitney U Test Sonuçları).....	32
Tablo 4.1. PLC tanımlamaları.....	40
Tablo 4.2. PLC veri paketi	64

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltmalar

3D	: Three Dimensional (Üç Boyutlu)
CPU	: Central Processing Unit (Merkezi İşlem Birimi)
EEPROM	: Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory (Elektronik Silinebilir Programlanabilir Salt Okunur Bellek)
GSM	: Global System for Mobile Communications (Mobil İletişim için Küresel Sistem)
HEX	: Hexadecimal (Onaltılık)
IP	: Internet Protocol (İnternet Protokolü)
LSL	: Linden Scripting Language (Linden Komut Dosyası)
PLC	: Programmable Logic Controller (Programlanabilir Mantıksal Denetleyici)
RLPLC	: Real World Programmable Logic Controller (Gerçek Dünya Programlanabilir Mantıksal Denetleyicisi)
SCADA	: Supervisory Control And Data Acquisition (Danışmalı Kontrol ve Veri Toplama Sistemi)
SIMNET	: Simulation Network (Simülasyon Ağı)
SL	: Second Life (İkinci Yaşam)
SLPLC	: Second Life Programmable Logic Controller (İkinci Yaşam Programlanabilir Mantıksal Denetleyicisi)
SMS	: Short Message Service (Kısa Mesaj Servisi)
ST	: Structured Text (Yapılandırılmış Metin)
UUID	: Universally Unique Identifier (Evrensel Benzersiz Tanımlayıcı)

SANAL ORTAMDA TASARLANAN PROGRAMLANABİLİR DENETLEYİCİNİN GERÇEK ORTAM UYGULAMASI VE ANALİZİ

ÖZET

Programlanabilir mantıksal denetleyici (PLC) eğitimlerinde kullanılan sistemlerin maliyetlerinin yüksek oluşu, ulaşılabilirliğin az oluşu, iki boyutlu ortamlarda tasarlanan yazılımların ileri derece eğitimlerde ve uygulamalarda yetersiz kalması, kolektif çalışmaya uygun olmayışları gibi durumlar göz önüne alındığında mevcut sistem tasarımlarının iyileştirilmesi ve günümüze adapte edilmesinin gerekliliği artmaktadır.

Bu tezde öncelikle 3 boyutlu sanal bir dünya olan Second Life içerisinde temel bir sanal PLC sistemi oluşturulmuştur. Bu sistem ile sanal programlama ve sanal program simülatörü tasarlanmıştır. Ayrıca buton, lamba, yaklaşım sensörü, yürüyen bant ve motor gibi ekipmanlar oluşturularak hazırlanan PLC programının istenildiği gibi çalışıp çalışmadığı sanal gerçekleştirme yoluyla tespit edebilen bir sistem oluşturulmuştur. İkinci aşama olarak gerçek dünyada da temel bir PLC cihazı tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Üçüncü aşama olarak bir internet sunucu sistemi oluşturulmuş ve böylece 3 boyutlu sanal dünyadaki hazırlanan, simüle edilen ve sanal olarak gerçekleşen PLC programının gerçek dünyadaki PLC cihazına aktarımı sağlanmıştır. Sonuç olarak üretim endüstrisindeki fabrikaların otomasyon sistemlerinde kullanılabilen, internet bağlantısının olduğu her yerden kontrol edilebilen bir PLC cihazı tasarlanmış ve ilgili teknik elemanların PLC eğitimi için bir yeni bir platform oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Eğitim, Kontrol, Otomasyon, Programlanabilir Mantıksal Denetleyici, Second Life.

IMPLEMENTATION AND ANALYSIS OF PROGRAMMABLE CONTROLLER DESIGNED IN VIRTUAL ENVIRONMENT

ABSTRACT

Considering the high costs, the low availability, the software designed in two-dimensional environments, the inadequacy of the programs and the applications, and not being suitable for collective work of the systems used in the programmable logical controller (PLC) trainings, it is necessary to improve the existing system designs and to adapt them to the present day.

In this dissertation, as a first stage, a basic virtual PLC system with virtual programming and virtual program simulator has been designed in the Second Life which is a 3 dimensional virtual world. In addition, a system which detects the PLC program whether it runs as desired via virtual implementation with creation of buttons, lamps, a proximity sensor, a conveyor belt and a motor. As a second stage, a basic PLC device has been designed and realized in the real world. As a third stage, an internet server system has been created and thus a PLC program which is programmed, simulated and implemented in the virtual world transferred into PLC device in the real world. As a result, a PLC device, can be employed in automation systems manufacturing industry, which can be controlled where internet connection established has been designed and a new platform has been comprised for training related technical staff.

Keywords: Education, Control, Automation, Programmable Logic Controller, Second Life.

GİRİŞ

Günümüzde sanal dünyalar birçok alanda etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Bu alanların başında eğitim gelmektedir. Eğitimde yer, zaman ve kişiden bağımsız çok sayıda uygulama kullanılmaya başlanmıştır. Özellikle teknik eğitim uygulamalarında, gerçek uygulama ile sanal uygulamanın entegrasyonu önemli bir hal almıştır.

Elektrik elektronik ve kontrol mühendisliği alanında yaygın olarak kullanılan Programlanabilir Mantıksal Denetleyiciler (Programable Logic Controller – PLC) yazılımları, simülörleri, eğitimleri ve gerçeklemeleri için oluşturulan tasarımlar ile ilgili daha önceki yapılan çalışmalar irdelendiğinde, sistemlerin gelenekselliği, maliyetlerinin yüksek oluşu, ulaşılabilirliğin az oluşu, iki boyutlu ortamlarda tasarlanan yazılımların ileri derece eğitimlerde ve uygulamalarda yetersiz kalması, kolektif çalışmaya uygun olmayışları, yalnızca asenkron eğitim sistemlerini içermeleri gibi durumlar göz önüne alındığında mevcut sistem tasarımlarının iyileştirilmesi ve günümüze adapte edilmesi önemlidir.

Bu tezin amacı, yukarıda bahsedilen olumsuzlukları giderebilecek ve teknik elemanların eğitimi için gerekli araçları da içerecek temel bir PLC sistemi tasarımının oluşturulmasıdır. Bu tasarımı oluşturabilmek için gerçek dünyada ve sanal dünyada bir temel PLC sisteminin oluşturulması ve birbirlerine olan entegrasyonun sağlanması, elde edilen sonuçların analizi ve değerlendirmesi önemli katkılar sunmaktadır.

Otomasyon sistemlerinde PLC'lerin donanımları, programlanması ve kullanılması için hem teknik ekipmanlar hem de teknik elemanlar gerekmektedir. Teknik ekipmanlar kısmını profesyonel firmalar üretmesine rağmen söz konusu teknik elemanların yetiştirilmesi görevi büyük oranda kurslara, meslek liselerine ve üniversitelere düşmektedir. Bu kurumlardaki ilgili birimler tarafından PLC eğitimleri verilebilmesi için söz konusu birimlerin güncelleştirilmiş laboratuvar imkânlarına sahip olması gerekmekte ve bu da çok yüksek maliyetler anlamına gelmektedir.

Bu çalışmada öncelikle 3 boyutlu sanal bir dünya olan Second Life (SL) içerisinde temel bir sanal PLC sistemi oluşturulmuştur. Bu sistem ile sanal programlama ve sanal

program simülatörü tasarlanmıştır. Ayrıca buton, lamba, sensör, yürüyen bant ve motor gibi ekipmanlar oluşturularak hazırlanan PLC programının istenildiği gibi çalışıp çalışmadığı sanal gerçekleştirme yoluyla tespit edebilen bir sistem oluşturulmuştur. İkinci aşama olarak gerçek dünyada da temel bir PLC cihazı tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Üçüncü aşama olarak bir internet sunucu sistemi oluşturulmuş ve böylece 3 boyutlu sanal dünyadaki hazırlanan, simüle edilen ve sanal olarak gerçekleştirilen PLC programının gerçek dünyadaki PLC cihazına aktarımı sağlanmıştır. Sonuç olarak üretim endüstrisindeki fabrikaların otomasyon sistemlerinde kullanılacak, internet bağlantısının olduğu her yerden kontrol edilebilen bir PLC cihazı tasarlanmış ve ilgili teknik elemanların PLC eğitimi için bir yeni bir platform oluşturulmuştur.

İkinci bölümde, 3 boyutlu sanal dünyalar hakkında bilgiler verilmektedir. Tezde kullanılan SL sanal dünyasının kurulumu ve kullanımı, yazılım geliştirme olanakları, eğitim alanındaki etkileri gibi hususlar değerlendirilmekte ve neden diğer sanal dünyalar yerine SL'nin seçilmesi gerekliliği üzerine durulmaktadır.

Üçüncü bölümde, tez yazarı tarafından SL'de tasarlanan sistemlerin eğitimsel katkıları hakkında bilgiler verilmektedir. Bu sanal dünyada bir hidroelektrik santralinin tasarımı ve ilgili teknik öğrencilerin burada eğitimini gerçekleştirebilmesi için bir sistem oluşturulmuştur. Yine bu sanal dünyada yenilenebilir bir enerji olan rüzgâr enerjisinin nasıl üretildiğini, şebekeye nasıl entegre olduğunu, şalt sahası içerisindeki ekipmanların nasıl çalıştığını gösteren bir sistem tasarlanmıştır. Son olarak bir güç transformatörü bu sanal dünyada tasarlanmış ve oluşturulmuştur. İlgili teknik elemanlar SL'ye girerek bu trafoyun hangi parçalardan oluştuğunu, her bir parçanın ne işe yaradığını etkileşimli bir şekilde öğrenebilmektedir.

Dördüncü bölümde, sanal dünyada oluşturulan temel bir PLC sisteminin tasarımı, gerçekleştirilmesi ve testleri hakkında bilgiler verilmektedir. Gerçek dünyada oluşturulan temel bir PLC sisteminin tasarımı, gerçekleştirilmesi ve testleri hakkında bilgiler verilmektedir. Sanal dünyada oluşturulan temel bir PLC sistemi ile gerçek dünyada oluşturulan temel bir PLC sisteminin birbirleri ile entegrasyonunu sağlayacak bir internet sunucusunun tasarımı, programlaması, uygulaması hakkında detaylı bilgiler verilmektedir.

Son bölümünde ise sonuçlar üzerinde durulmakta, sanal dünyada tasarım yapmak isteyenler için bir takım tavsiyeler verilmektedir.



1. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Üretim endüstrinde etkili, verimli ve güvenli bir şekilde çalışmayı sağlamak için kontrol ve otomasyon en önemli hususların başında gelmektedir. Gelişen teknolojiyle beraber bir ürünün üretim sürecinin başından sonuna kadar algılayıcılar ile gözlemlenerek denetlenebilmesine olanak sağlayan Programlanabilir Mantıksal Denetleyiciler (PLC) sayesinde otonom sistemler üretilmektedir. İnternet teknolojisinin de yardımıyla uzaktan kontrol edilebilen PLC'ler sayesinde bakım, onarım veya müdahale gerektirecek durumlarda üretim sürecinin hızlı bir şekilde devam etmesi sağlanabilmektedir. Otomasyon sistemlerinin verimlerini artırabilmek için PLC'lerin geliştirilmesinin yanında bu PLC'leri programlayabilecek teknik elemanlar yetiştirmek de önem arz etmektedir.

1997 yılında Rullan tarafından yapılan “Süreç Kontrolü için Programlanabilir Mantıksal Denetleyiciler ve Kişisel Bilgisayarların Karşılaştırılması” isimli bir çalışmada, kişisel bilgisayarlar (PC), endüstriyel uygulamalarda PLC gibi etkin bir şekilde kullanılabilirdiği vurgulanmaktadır. Temel içerik, PLC'de bir röle panelinin davranışını taklit etmeye yöneliktir. Standart yüksek seviyeli bir programlama dilinin örnek kodları, ileriki çalışmalar için bir şablon oluşturmaktadır. Ayrıca PC kullanılarak oluşturulan PLC programının potansiyel avantajlarından ve geliştirilebilirliğinden bahsedilmektedir [1].

1997 yılında Palma ve arkadaşları tarafından yapılan “Otomasyon Mühendisliği Laboratuvarı için bir Çok Amaçlı Süreç Simülatörü” isimli bir çalışmada, PC ile bağlantılı, gerçek süreçleri simüle edebilen basit bir elektronik sistem açıklanmaktadır [2].

1998 yılında Shaheen ve arkadaşları tarafından yapılan “Uzaktan Kontrollü Laboratuvar Deneyimi” isimli bir çalışma, internet üzerinden öğrenciler ile uzaktan erişimli bir süreç kontrol birimiyle etkileşime girmesi üzerinedir. Öğrenciler bir web sayfası ve bir sunucu üzerinden PLC kontrol modülüne erişebilmektedir [3].

1998 yılında Chung tarafından yapılan “Endüstri Mühendisliği Eğitimi için bir PC-PLC-Robot Sistem Tasarımı için Maliyet Etkili Yaklaşım” isimli bir çalışmada, gelişmiş üretim teknolojisi eğitimi, endüstri mühendisliği eğitimi müfredatında önemli bir konu olduğu vurgulanmaktadır. Teknoloji geliştikçe ilgili bölüm veya program laboratuvarlarını da geliştirmek zorunda kalmakta ve bu da maliyet açısından sıkıntı oluşturmaktadır. “LabVolt PLC” ile “Microbot TeachMover” robotları arasında bir arayüz geliştirilerek Northestern Üniversitesi’nde Endüstri Mühendisliği bölümünde öğrencilerin eğitimi yapılmaktadır [4].

2003 yılında Wei ve arkadaşları tarafından yapılan “Bir Web Tabanlı Uzaktan Erişimli PLC Laboratuvarının Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi” isimli bir çalışmada, internet teknolojisi sayesinde, akademik derslerde kullanılmak üzere birçok web tabanlı uzaktan eğitim sistemi oluşturulduğu vurgulanmaktadır. Bu dersler, zaman ve yer sıkıntısı olan öğrenciler için yararlı hale gelmiştir. Bu çalışmada, PLC’ler için web tabanlı uzaktan erişimli bir laboratuvar önerilmiştir. Bu laboratuvar, birkaç akademik birimler ile paylaşılabilen ve kayıtlı öğrenciler kendi evlerinden web arayüzü sayesinde PLC deneylerini yapabilmektedir [5].

2003 yılında Sheng ve arkadaşları tarafından yapılan “Programlanabilir Mantıksal Denetleyiciler için Web Tabanlı Simülasyonlar ve Zeki Eğitim Sistemi” isimli bir çalışmada, programlanabilir mantıksal denetleyiciler için web tabanlı simülasyonlar ve zeki eğitim sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem, “Visual Basic”, “Microsoft Access Database”, “Macromedia Flash” ve sunucu için “Microsoft’s Internet Information Services (IIS)” yazılımlarını kullanmaktadır. Öğrenciler, bu sayede istatistiksel olarak önemli bir eğitim kazanımı elde etmişlerdir [6].

2003 yılında Robinson ve arkadaşı tarafından yapılan “PLC Programlama Eğitimi için Yazılım Simülasyon Modelleri” isimli bir çalışmada, yazılım simülasyon modelleri sayesinde gösterim ve değerlendirme işlemleri yapılabildiği vurgulanmaktadır. Bu sayede derslikler, PLC’lerin kullanıldığı endüstriyel ortamlara dönüşmektedir. Manukau Teknoloji Enstitüsü’nde PLC programlama eğitiminin gelişimi başarılı olmuştur. Ayrıca bu yazılım simülasyon modellerini kullanan öğrenciler, endüstriyel SCADA eğitim paketleri için de deneyim kazanmış olmaktadır [7].

2006 yılında Gerksic ve arkadaşları tarafından yapılan “Bir Programlanabilir Mantıksal Denetleyici İçerisine Gömülmüş Gelişmiş Kontrol Algoritmaları” isimli bir çalışmada, kendini ayarlayabilen, doğrusal olmayan ve yenilikçi programlanabilir mantıksal denetleyiciler için gelişmiş kontrol algoritmaları kullanan bir denetleyici sunmaktadır. Doğrusal olmayan süreçler için geliştirilmiş ve ajan tabanlı sistemlerin çalışma mantığı kullanılarak tasarlanmıştır. Bu denetleyici, kapalı döngülü sistemlerin kontrol performanslarını izleme ve değerlendirme yapabilmektedir. Bu denetleyici, bir PLC üzerinde gerçekleştirilmiştir ve hidrolik valflerin basınç kontrolü uygulamasında test edilmiştir [8].

2006 yılında Bellmunt arkadaşları tarafından yapılan “Esnek Üretim Hücre Tabanlı bir Uzaktan Eğitim Laboratuvarı için PLC Programlama Kursu” isimli bir çalışmada, gerçek uygulamalar ile çalışmak, mühendislik eğitiminin önemli bir ayağını oluşturduğu vurgulanmaktadır. Barselona’dan bir grup araştırmacı, elektrik mühendisliği öğrencileri için uzaktan kontrollü bir PLC eğitim laboratuvarı oluşturmuşlardır [9].

2006 yılında Wu ve arkadaşları tarafından yapılan “GSM Sistemleri Tabanlı PLC Kontrol Laboratuvarının Tasarımı ve Gerçeklenmesi” isimli bir çalışmada, internet ve kablosuz uygulamalar ile otomasyon endüstrisinin entegrasyonu gittikçe yaygın bir şekilde kullanılmaya başlandığı vurgulanmaktadır. Bu çalışmada GSM sistemi kullanılarak Mobil PLC kontrol laboratuvarı tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. SMS’ler sayesinde öğrenciler her zaman eğitim alabilmekte ve GSM sistemleri sayesinde süreçler izlenebilmektedir [10].

2006 yılında Gösün tarafından yapılan “Elektrik Kumanda Laboratuvarı PLC Eğitim Seti Tasarımı” isimli bir çalışmada, S7-200 CPU 222 PLC kullanılmıştır. Temel seviye PLC eğitim için yeterli olmaktadır. Temel ve ileri seviye PLC eğitimi için gerekli olan ekipmanlar da sete dahil edilmiştir [11].

2007 yılında Macias ve arkadaşı tarafından yapılan “Otomasyon Sistemlerinde Bilgisayar Destekli Genişletilmiş Laboratuvar Konsepti” isimli bir çalışmada, birçok üniversite, uygun laboratuvar ekipmanları olmadığından öğrenciler için gerekli uygulamalı eğitimi veremediği vurgulanmaktadır. Bir çözüm olarak bilgisayar destekli

simülasyon sistemleri kullanılabilir. Bu çalışmada PLC programlama eğitimi için bilgisayar destekli simülasyon sistemi geliştirilmiştir [12].

2007 yılında Jose ve arkadaşı tarafından yapılan “3D Sanal Maket Kontrol Tabanlı PLC Eğitimi: Otomasyonda Eğitimsel Bir Deneyim” isimli bir çalışmada, sanal maket gibi davranan bir PC yazılımı, PLC’nin kontrol ettiği gerçek bir dünyayı simüle etmektedir. Geliştirilen arayüz, PLC ile PC’yi birbirine paralel port ile bağlamaktadır [13].

2007 yılında Arseven tarafından yapılan “Operatör Panelli PLC Eğitim Setinin Hazırlanması” isimli bir çalışmada, S7-200 CPU224XP PLC kullanılmıştır. Temel ve ileri seviye PLC eğitimi için gerekli olan ekipmanlar da sete dahil edilmiştir [14].

2007 yılında Oğuzay tarafından yapılan “Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC) için bir Simülatör Tasarımı” isimli bir çalışmada, PLC eğitim simülatör yazılımının altyapısını oluşturan dijital giriş ve çıkışlar, ladder diyagram programlama, komut listesiyle programlama ve bit lojik komutları gibi temel ve mantıksal işlemleri yerine getirebilmek için Delphi programlama dillerinden yararlanılmıştır. Görsel bir arayüz tasarlanmıştır [15].

2008 yılında Möller ve arkadaşları tarafından yapılan “PLC Tabanlı Uzaktan Erişimli Laboratuvar Deneyleri” isimli bir çalışmada, öğrencilerin gerçek nesnelere üzerinde deneyler yapabildiği uzaktan kontrollü bir elektrik sürücü laboratuvarı tasarlanmıştır. Karmaşık bir çözümün yanında bazı avantajlar getirmektedir [16].

2009 yılında Sysala ve arkadaşları tarafından yapılan “Programlanabilir Denetleyici Yardımıyla Gerçek Ekipman Modellerinin Uzaktan Kontrolü” isimli bir çalışmada, fakültede eğitimde kullanılan laboratuvar modellerinin uzaktan kontrolünü açıklamaktadır. Bu modeller PLC’ye bağlanmakta ve kontrol edilmektedir. Bu çözüm için Saia Burgess Şirketi’nin ürünü olan PLC Saia kullanılmıştır. Uzaktan kontrolü sağlamak için insan makine arayüzlü paneller kullanılmıştır [17].

2009 yılında Aydogmus ve arkadaşı tarafından yapılan “SCADA Kullanılarak Hazırlanmış bir Web Tabanlı Uzaktan Erişim Laboratuvarı” isimli bir çalışmada, web tabanlı ve gerçek zamanlı bir laboratuvara erişim gerçekleştirilmiş ve bir örnek olarak

asenكرون motor kontrolü yapılmıştır. Web arayüzü, “Visual Studio with ASP.NET” yazılımı kullanılarak tasarlanmıştır [18].

2009 yılında Muoz ve arkadaşları tarafından yapılan “Programlanabilir Mantıksal Denetleyiciler için Sanal Laboratuvar” isimli bir çalışmada, Bir PLC’ye bağlanma zorunluluğu olmadan programlama işlevlerini gerçekleştirmek üzere tasarlanmış bir grafiksel arayüz oluşturulmuştur [19].

2009 yılında Deveza ve arkadaşı tarafından yapılan “PLC Kontrolü ve Matlab/Simulink Simülasyonları. Bir İlişkiler Yaklaşımı” isimli bir çalışmada, ilişkiler yaklaşımı kullanılarak PLC kontrol programı Matlab/Simulink ortamında simüle edilmiştir. PLC kontrol programı bir Matlab fonksiyon bloğunda çevrilmekte ve simüle edilmektedir. “Universidade de Évora” öğrencileri, kendilerinin oluşturduğu PLC programını bu paketi kullanarak simülasyon etme imkanı bulmuşlardır [20].

2009 yılında Salazar ve arkadaşı tarafından yapılan “Otomasyon Laboratuvarları için Sanal 3D Kontrol Edilebilir Makine Modelleri” isimli bir çalışmada, günümüzde otomasyon mühendislik öğrencileri, PLC programlamasını öğrenmeye ihtiyaç duyduğu vurgulanmaktadır. Bunun için tam donanımlı bir laboratuvar gerekmektedir. Bu sorunu çözmek için yenilikçi bir yaklaşım önerilmektedir. Bu yaklaşım ile sanal makine modelleri kullanılarak daha ucuz bir laboratuvar hazırlamak mümkün hale gelmektedir [21].

2009 yılında Alaba ve arkadaşları tarafından yapılan “İnternet Üzerinden Süreç Kontrolü için Eğitim Platformu” isimli bir çalışmada, web tabanlı bir süreç kontrolü simüle edilebilmekte ve fiziksel PLC’ye gönderilerek çalıştırılabilmektedir [22].

2009 yılında Hsieh ve arkadaşı tarafından yapılan “PLC’ler için Entegre Sanal Öğrenme Sistemi: Şimdisi ve Geleceği” isimli bir çalışmada, PLC’ler güvenlik gözetimi, enerji tüketim yönetimi, makine kontrolü ve üretim hattı otomasyonu gibi birçok endüstriyel süreç kontrol uygulamalarında kullanıldığı vurgulanmaktadır. Toplam PLC ve yazılımı piyasası 2006 yılında 7.2 milyar dolara ulaşmıştır. PLC programlamasını öğrenmek, ekipman arayüzü ve kontrolü yüzünden normal bir programlama dili öğrenmekten daha farklı olmaktadır. Bu çalışma, animasyonlar, etkileşimli durum çalışmaları, “ladder” aracı ve zeki eğitim sistemlerini içeren bir

sanal PLC tasarlamak, geliştirmek ve değerlendirmek için yapılmıştır. Ayrıca basit fiziksel modeller geliştirilerek K-12 ğrencilerine PLC programlama eğitimi tanıtılmaktadır [23].

2009 yılında Riera ve arkadaşları tarafından yapılan “Güvenli PLC Eğitimi için Gerçek ve Sanal Üretim Sistemlerinin Tamamlayıcı Kullanımı” isimli bir çalışmada, PLC eğitiminde sanal ve gerçek sistemlerin tamamlayıcı olarak kullanımının faydaları belirtilmektedir. Kötü veya hatalı komutları filtrelemek, bu makalenin merkezini oluşturmaktadır [24].

2010 yılında Wenhua ve arkadaşı tarafından yapılan “PLC Eğitimi için Simülasyon Sisteminin Tasarımı ve Gerçeklenmesi” isimli bir çalışmada, PLC tabanlı bir eğitim simülasyon sistemini içermektedir [25].

2010 yılında Vaananen ve arkadaşları tarafından yapılan “PLC Programlama için Sanal Öğrenme Ortamı Tasarımı- Bina Otomasyonu” isimli bir çalışmada, PLC programlama eğitimi için tasarlanmış bir sanal öğrenme ortamını açıklamaktadır. HAMK Uygulamalı Bilimler Üniversitesi tarafından geliştirilen bu tasarım özellikle mühendislik otomasyon eğitimi için bir destek görevi görmektedir [26].

2010 yılında Shyr tarafından yapılan “PLC programlama eğitiminde çok-Programlı Sanal Laboratuvar” isimli bir çalışmada, Changhua Eğitim Üniversitesinde bulunan Endüstriyel Eğitim ve Teknoloji Bölümü’nde 34 ğrenci üzerinde yapılmıştır. 17 ğrenci sanal laboratuvarda PLC eğitimi almış diğer 17 ğrenci ise gerçek laboratuvarda PLC eğitimi almıştır. Sonuç olarak sanal ortamda eğitim alan öğrencilerin daha başarılı olduğu görülmüştür [27].

2010 yılında Rafat tarafından yapılan “PIC16f877 Mikrodenetleyicisi ile bir PLC Tasarımı” isimli bir çalışmada, PIC16f877 Mikrodenetleyicisi kullanılarak bir PLC tasarımı yapılmıştır. HEX kodlar üretebilen bir arayüz programı sayesinde Ladder ve komut listesi programlama tekniklerine benzer bir yazılım ortamı oluşturulmuştur. Arayüz için Microsoft Visual Studio. Net 2008 ortamı kullanılmıştır [28].

2011 yılında Lecroq ve arkadaşları tarafından yapılan “GE3D ile PLC Öğrenimi: Öğrencilerin Dönütleri” isimli bir çalışmada, PLC öğrenimi için 3D sanal kampüs (GE3D) kullanılarak gerçekleştirilmiştir [29].

2011 yılında Pratumswan ve arkadaşı tarafından yapılan “Mekatronik Eğitimi için Gömülü bir PLC Geliştirilmesi” isimli bir çalışmada, PLC eğitiminin en önemli sorunlarından birisi, yeni modeller ve inovasyonlara bağlı olarak birçok çeşit PLC’lerin bulunduğu vurgulanmaktadır. Ayrıca PLC laboratuvarlarının maliyeti ve periyodik olarak güncelleştirme gerektirmeleri maliyetleri artırmaktadır. Bu çalışmada LabVIEW yazılımı ve ARM mikrodenetleyici kullanılarak mekatronik öğrencilerinin eğitimi için gömülü bir PLC geliştirilmiştir [30].

2011 yılında Li ve arkadaşı tarafından yapılan “Web Tabanlı Uzaktan PLC Deney Sistemi Üzerine bir Çalışma” isimli bir çalışmada, S7-200 PLC’ye sahip basit mekaniksel donanım, uzaktan kontrol edilmektedir. Laboratuvar web sayfasında öğrenciler gerekli deney ve testleri gerçekleştirebilmektedirler [31].

2011 yılında Hou ve arkadaşları tarafından yapılan “Bir PLC Çokluortam Yazılımının Tasarımı ve Gerçeklenmesi” isimli bir çalışmada, bir PLC programını çalıştırmak ve simüle etmek için bir çokluortam yazılımı tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan kodlama kuralı sayesinde tasarlanan kodlar, program yazı formatında kaydedilebilmektedir [32].

2011 yılında Çolak ve arkadaşı tarafından yapılan “Uzaktan Erişimli bir PLC Eğitim Setinin Tasarımı ve Gerçeklenmesi” isimli bir çalışmada, PLC programlama ve kontrolü için bir web sitesi tasarlanmıştır. Bir IP kamera ile eğitim seti gözlemlenebilmektedir. PLC olarak S7-200 PLC kullanılmıştır [33].

2012 yılında Mashhadany tarafından yapılan “Klasik Kontrol Laboratuvarı için Programlanabilir Denetleyici Tasarımı ve Gerçeklenmesi” isimli bir çalışmada, PLC tabanlı klasik kontrol sistem laboratuvarı tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Bu sistem yazılım ve donanım olarak iki kısımdan oluşmaktadır. PLC olarak GM7-DR40A kullanılmıştır. 24 adet kontrol deneyleri başarı ile gerçekleştirilmiştir [34].

2012 yılında Bayrak ve arkadaşı tarafından yapılan “Elektrik ve Elektronik Öğrencileri için bir Otomasyon Platform Tasarımı: Bir Uygulama Çalışması” isimli bir çalışmada, yaşantımızın hemen hemen tüm alanlarında kullanılan otomasyon sistemlerinin önemini kavramak ve çalışmasını anlamak için teknik okullarda öğrencilere gösterildiği vurgulanmaktadır. Bu çalışmada, programlama alanında elektrik ve elektronik öğrencilerinin PLC ve veri tabanlı gözetleme ve kontrol sistemleri (SCADA) eğitimi için bir uygulama çalışması gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan otomasyon platformu sayesinde, öğrenciler PLC ve SCADA sistemlerinin bağlantılarını öğrenebilmekte, bu yapıları programlayabilmekte ve yeni otomasyon projelerini geliştirme ve test etme imkanı bulabilmektelerdir [35].

2012 yılında Chen ve arkadaşı tarafından yapılan “Uzaktan Kontrollü bir PLC Laboratuvar Tasarımı ve Gerçeklenmesi” isimli bir çalışmada, internet ve bilgisayarların gelişimi ile birlikte, uzaktan eğitim daha kolay ve hızlı bir hale dönüştüğü vurgulanmaktadır. Bu alanda uzaktan kontrollü laboratuvarlar, öğretim elemanlarına ve öğrencilere geniş bir kullanım alanı sunmaktadır. Bu çalışmada pratik işlerde PLC’lerin uzaktan kontrollü laboratuvar tasarımı tanıtılmaktadır. Öğrenciler, programlama çalışmalarını, kampüste farklı zamanlarda ve farklı yerlerde tamamlayabilmektedir [36].

2012 yılında Barjis ve arkadaşları tarafından yapılan “Simülasyon ve Sanal Ortamlar Kullanılarak Yapılan Yenilikçi Öğrenme” isimli bir çalışmada, simülasyon ve oyun tabanlı teknikler, karmaşık problem ve olayları daha iyi anlamamızı sağladığı vurgulanmaktadır. Bu teknik ve modeller eğitim-öğretim müfredatlarına eklendiğinde öğrencilere görsel tasarımlar, süreçler, ekipmanlar ve sistemler ile etkileşimi ve çalışma alanları ile ilgili nesnelerin dinamik davranışları hakkında eğitimsel bir kazanım sağlamaktadır. Second Life gibi sanal ortamlarda yapılan öğrenme işlemlerini yerine getiren sistemler tasarlayan yazar deneyimleri bu çalışmada ele alınmaktadır [37].

2013 yılında Safavi ve arkadaşları tarafından yapılan “Akıllık Telefon Tabanlı Uzaktan ve Sanal PLC Laboratuvarı” isimli bir çalışmada, PLC’ler çeşitli endüstrilerde yaygın bir şekilde kullanılan kontrol araçları olduğu vurgulanmaktadır. Bu yüzden PLC eğitimi ve öğretimi için uzaktan ve sanal PLC laboratuvarları

geliştirmek önem arz etmektedir. Ayrıca gerçek PLC laboratuvarları oldukça pahalıdır ve çoğu üniversitelerde kolay bir şekilde ulaşılamayabilmektedir. Bu çalışmada akıllı telefonlar kullanılarak uzaktan ve sanal olarak PLC laboratuvar sistemi geliştirilmiştir [38].

2013 yılında Wesley ve arkadaşı tarafından yapılan “PLC programlamada LabVIEW ve Arduino” isimli bir çalışmada, LabVIEW, i-TRiLOGI mantıksal simülatörü ve Arduino Uno mikrodenetleyicisi kullanılarak PLC programlama eğitimi için bir platform oluşturulmuştur [39].

2014 yılında Sergeyev ve arkadaşları tarafından yapılan “Lise, İki veya Dört Senelik Kolej Öğrencileri ve İşten Çıkarılmış Çalışanlar için Açık Kaynaklı, Çok Seviyeli ve Etkileşimli bir Programlanabilir Mantıksal Denetleyici Yazılımının Geliştirilmesi” isimli bir çalışmada, Michigan Teknik Üniversitesinde, elektrik mühendislik teknolojisi ve bilgisayar bilimindeki iki program, PLC ile ilgili açık kaynaklı çevrimiçi öğrenme modülleri hazırlamışlardır. Üç seviyede hazırlanacak olan yazılımda kullanıcılar kendilerine uygun seviyede çalışma imkanı bulabileceklerdir. Bu üç yıllık projenin ilk ayağı yazılım gerçekleştirme ve tasarım bölümünü içermektedir [40].

2014 yılında Buinac ve arkadaşları tarafından yapılan “Süreç Kontrol Bilgisayar Eğitimi için Programlanabilir Mantıksal Denetleyicilerin Web Tabanlı Kontrolü” isimli bir çalışmada, endüstriyel kontrol bilgisayarları internete bağlanabilir ve bir web arayüzü ile donatılabileceği vurgulanmaktadır. Bu, web ilişkili herhangi bir uygulama ile sürece erişimi mümkün kılar. Java entegrasyonu ve HTML teknolojilerin de açıklandığı bu çalışmada web arayüzlü basit bir süreç işlemi oluşturulmuştur. PLC’ler gelişmiş iletişim teknikleri kullanılarak Ethernet üzerinden bir bilgisayara bağlanmıştır. Java uygulamalı bir arayüz ile beraber insan-makine arayüzü tasarımı da gerçekleştirilmiştir [41].

2014 yılında Rosas tarafından yapılan “Mekatronik Eğitimi için Yazılımsal bir PLC Tasarımı ve Geliştirilmesi” isimli bir çalışmada, mekatronik eğitimi için bir mekatronik denetleyici platformu olan IMS-MORPH denetleyicisi üzerinde yazılımsal bir PLC geliştirilmiştir [42].

2015 yılında Navrapescu ve arkadaşları tarafından yapılan “Programlanabilir Mantıksal Denetleyici için Eğitim Platformu” isimli bir çalışmada, eğitim platformları ve sanal laboratuvarlar, özellikle teknik eğitim için gittikçe artan bir öneme haiz olduğu vurgulanmaktadır. Her ne kadar sanal laboratuvarlar ve e-öğrenme platformları özellikle elektrik mühendisliği için çok kullanışlı araçlar olsa da bunlar asla gerçek laboratuvarların yerlerini tutamamaktadır. Bu çalışmada tasarlanan eğitim platformunda yeni modüller ve özellikler eklenebilmektedir [43].

2015 yılında Brito ve arkadaşları tarafından yapılan “PLC Öğrenme ortamı için Yapısal Yazı Simülatörü” isimli bir çalışmada, süreç otomasyonu ve kontrolü için PLC programını simüle etmeye yarayan bir araç geliştirilmiştir [44].

2016 yılında Özerdem tarafından yapılan “PLC Laboratuvarı için İki Deneysel Düzenin Tasarımı” isimli bir çalışmada, PLC laboratuvarı için bir otomasyon seti geliştirilmiştir. Bu tasarım ile ayrıca öğrencilerin, asansörün çalışma prensibini de öğrenmesine yardımcı olmaktadır [45].

2016 yılında Narayanan ve arkadaşı tarafından yapılan “Sanal Laboratuvarlarda Otomasyon Öğreniminin Kolaylığı” isimli bir çalışmada, internet sayfası tabanlı bir sanal PLC laboratuvarı tasarlanmıştır. Öğrenciler iki boyutlu sayfada Ladder ile programlama yapabilmektedir [46].

2017 yılında Abumansi ve arkadaşları tarafından yapılan “Klasik ve Programlanabilir Kontrol Uygulamaları için Mobil Eğitimsel İş Tezgahı” isimli bir çalışmada tasarlanan PLC eğitimi için mobil iş tezgahı kullanılarak ilgili öğrencilerin endüstriyel kontrol alanlarında teknik becerilerini artırmaya yardımcı olmaktadır [47].

2017 yılında Palma ve arkadaşları tarafından yapılan “ST ile Programlama için WEB PLC Simülatörü” isimli bir çalışmada, kontrol ve otomasyon eğitiminde yardımcı olacak internet sayfası tabanlı yazılımsal olarak programlanabilir bir PLC simülatörü tasarlanmıştır [48].

2018 yılında Brito ve arkadaşları tarafından yapılan “Otomasyon için Inventor 3D modellerinin ve Simulink Kontrol Modellerinin Birleşimi olan bir Sanal Laboratuvar”

isimli bir çalışmada, PLC simülatörü ve Matlab Simulink yazılımları birleştirilerek sanal bir endüstri tesisinin kontrolü gerçekleştirilmiştir [49].

Laboratuvar çalışmaları, bilim ve mühendislik eğitimi için önemli bir bileşendir [50][51]. Geleneksel laboratuvarlarda, sınırlı kaynaklar ve ekipmanların düzenli bakım gereksinimleri çevrimiçi laboratuvarlar fikrini desteklemiştir [52]. 2013 yılında yayınlanmış bir çalışmaya göre, 2012 yılında 6 Milyon öğrencinin en az bir tane çevrimiçi ders aldığı tahmin edilmektedir [53]. Bilgisayar tabanlı simülasyon ve uzaktan erişilebilir simülasyon laboratuvarları, geleneksel laboratuvarlar ile karşılaştırılmış ve zamandan kazanma, eğiticinin iş yükünü azaltma, bakım işlerinin azaltılması, eğitim veriminin geliştirilmesi, pahalı ekipmanların ve yazılım kaynaklarının paylaşımı konularında sanal laboratuvarların daha avantajlı olduğu görülmüştür [50]. Ayrıca sanal laboratuvarlar, öğrencilere konuları pratik olarak öğretmeye yaramaktadır [54].

Titov ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, uzaktan erişilebilen sanal bir katı hal lazer laboratuvarının etkileşimli gösterimi hakkında bilgiler yer almaktadır [55]. Sanagavarapu ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, toplamda 100 adet kimya deneylerine ait gösterimlerin yapıldığı bir sanal laboratuvar oluşturulmuştur [56]. Jakab ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, bir sanal laboratuvara, öğrencilerin yönlendirici ve anahtarlara erişebildiği ve ayarlama yapabildiği internetin olduğu her yerden erişilebilmektedir [57]. Diwakar ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, üniversite seviyesinde bir biyoteknoloji laboratuvarı sanallaştırılmıştır [58]. Bagchi ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, web sayfası tabanlı bir devre simülatörü, elektronik mühendisliği eğitiminde kullanılmıştır [53]. Freeman ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, bataryalar ve ultra kapasitörlerin eğitimi için uzaktan erişimli bir sanal laboratuvar oluşturulmuştur [54]. Diwakar ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, sanal ve uzaktan erişilebilir web sayfası tabanlı bir endüstriyel otomasyon laboratuvarı, ilgili mühendislik öğrencilerine sunulmuştur. Yeni teknoloji laboratuvarlarının üst düzey düşünme becerilerini gelişiminde etkili olduğu sonucu çıkarılmıştır [51]. Valdez ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, elektrik mühendisliği eğitiminde, elektrik devreleri ve devre analizi için kullanılmak üzere oluşturulan bir sanal laboratuvar hakkında bilgiler verilmektedir [59].

2. SANAL DÜNYALAR

Sanal dünyalar, insanların, avatarlar yoluyla beraberce iletişime geçtikleri ve etkileştikleri ortamlardır. Bu dünyalar dinamik ve etkileşimli ortamlar olup sosyal, reklam, eğitim gibi geniş alanları desteklemektedir. Bu dünyalar özel amaçlar için tasarlanmakta ve çeşitli çevrimiçi aktiviteleri desteklemektedirler. Sanal dünyalar, 1990'larda internet üzerinden gerçek zamanlı olarak birçok kullanıcının tek bir uygulama erişimine müsaade eden ortamlar olarak ortaya çıkmışlardır. Sanal dünyalar, birçok kullanıcının birbirleri arasında bilgi paylaşmasına ve sanal dünyadaki nesnelere ile etkileşime girmelerine olanak sağlamaktadırlar. Sanal dünyaların tasarımındaki ilk gelişmeler kavramsal ve teknik gelişmeler olarak sınıflandırılmıştır. Kavramsal gelişimde, tasarımcılar ve araştırmacılar sanal dünyaların imkan ve olanaklarını araştırırlar, bu dünyaların geleceğini tasvir ederler ve sanal dünyaların var olan tasarım teorilerinin ve uygulamalarının etkileri üzerine çalışırlar. Teknik gelişmelerde ise tasarımcılar ve araştırmacılar sanal dünyaların inşası gibi teknik gerçekleştirmeler üzerine çalışmaktadırlar. Sanal dünyaların kökeni, başta US Savunma Departmanı tarafından geliştirilen simülasyon ağı olan SIMNET ve ağ tabanlı oyunlar olan iki amaca hizmet etmeye dayansa da sanal dünyaların tasarımı ve uygulamaları, farklı şekillerde farklı amaçlar için zenginleştirilmiş ve çeşitlendirilmiştir [60].

Downey tarafından yapılan bir çalışmada üç nesil sanal dünyalar aşağıdaki gibi belirtilmektedir [61];

İlk nesil sanal dünyalar; Avatar: Çok sayıda üretilen karakterler ve oyuncuların işbirlikçi iletişimi sunmuştur. Maze Wars: Tel kafes grafiklerden yararlanılmış, üç boyutlu labirent hissi uyandıran çok oyunculu ortamdır. MUD (MUD1): Çok kullanıcı zindan, muhtemelen ilk sanal dünya, Roy Troubshaw tarafından başlatılmış ve Richard Bartle tarafından bitirilmiştir. İkinci nesil sanal dünyalar; Habitat: Teknoloji deneyimidir. Meridian59: İnterneti kullanan bir oyundur. MOO: MUD nesneye yönelik programlama dili sayesinde kullanıcılar tarafından, sosyaldünya içinde nesnelere oluşturulabilmektedir. TinyMUCK: Kullanıcılar tarafından sanal dünyadaki nesnelere oluşturulduğu ilk dünyadır. TinyMUD: Oyun ve savaş yerine

sosyal etkileşime odaklanan ilk dünyalardan birisidir. Üçüncü nesil sanal dünyalar; EverQuest: Grup olarak oynanışların üzerine duran bir dünyadır. Habbo: Kullanıcı hesaplarının oluşturulduğu en popüler sanal dünyalardan birisidir. Ultima Online: Çeşitli oyun türlerini içeren ve geleneksel gösterime karşı yeni grafiksel gösterim sunmayı başarmış bir dünyadır. World of Warcraft: Göz alıcı grafikleri ve oyun yenilikleri sayesinde ticari olarak çok başarılı bir sanal dünyadır. Second Life: Çok geniş bir içeriğe sahip olması, kullanıcıların nesne ve yazılım oluşturabilmeleri, projeler, etkinlikler ve dersler üzerinde işbirlikçi bir şekilde çalışılabilmesi gibi avantajlar sayesinde bu dünya özellikle eğitim alanında oldukça popüler olmuştur [61].

Sanal dünyalar tasarlamak için gerekli olan teknolojiler ve araçlar önemli gelişmelere uğrayarak yazı tabanlı sanal dünyalardan günümüz 3 boyutlu sanal dünyalara geçişi sağlamışlardır. Günümüzde Active Worlds, Second Life, OpenSim, Open Cobalt, 3DVIA Studio gibi 3 boyutlu sanal dünyalar bulunmaktadır. Sanal dünyalarda kullanıcılar, hareketli karakterler olan Avatar olarak isimlendirilmektedir. Avatarlar, birbirleri ile iletişim sağlayabildiği gibi ortamda bulunan nesnelere de etkileşim içerisine girebilmektedirler [60].

Shafiq ve arkadaşları tarafından hazırlanan bir çalışmada Endüstri 4.0 incelenmiş, üretim ve süreçlerin sanal simülasyonlarının siber fiziksel sistemlerin başarılması için anahtar görevi gördüğü saptanmıştır [62]. 3D sanal dünyalarda sanal laboratuvarların gelişimi, mühendislik ve bilgisayar biliminde eğitimsel bir kaynak sunmaktadır [63]. Sanal dünyalar, 3D ve işbirlikçi ortamlar sunarak öğrencilerin ilgisini çekmekte ve dinamik olarak içerik oluşturabilmektedirler [64]. Tokel ve İslar tarafından yapılan bir çalışmada; öğrenme ortamı olarak sanal dünyaların seçilmesi durumunda algılanan kullanışlılık, kullanım kolaylığı ve algılanan eğlence arasındaki ilişkileri ve bunların davranışsal niyet ile arasındaki ilişkileri incelenmiştir. Öğrenciler bir sanal dünyayı eğlenceli ve kullanımını kolay bulduklarında, o sanal dünyayı, performansları ve öğrenmeleri için kullanışlı olarak algılamışlardır [65].

2.1. Second Life

Linden Labs tarafından geliştirilen SL [66], 3 boyutlu sanal dünyalar arasında en popüler olup çok çeşitli çevrimiçi aktivitelerde bulunan sanal topluluklara büyük önem veren bir uygulamadır. SL, oyun, sosyal iletişim ve e-öğrenme etkinliklerinin

yanında özellikle sanal parsellerin ve malların alınıp satılabildiği e-ticaret etkinliğini de mümkün kılmaktadır. SL, sanal dünyada eş zamanlı olarak bir 3 boyutlu modelleme aracı da sunmaktadır. Avatarların ve bu sanal nesnelerin davranışları "Linden Script Language (LSL)" yani Linden Komut Dili kullanılarak kontrol edilebilmekte ve özelleştirilebilmektedir [60,64,67,68]. SL, 2007 yılında 6 milyon [69], 2014 yılında 15 milyon [70], ve 2016 yılında 37 milyon [71] kayıtlı kullanıcı sayısına ulaşmıştır. 2018 yılında ise 56 milyondan daha fazla kayıtlı kullanıcıya sahip olup güncel sayıya <https://secondlife.com/xmlhttp/secondlife.php> bağlantısı ile de ulaşılabilmektedir.

SL, sunduğu eğitimsel olanaklar sayesinde eğitimciler ve eğitim enstitülerinde gittikçe popüler olmakta ve formal eğitimlerde de kullanılmaktadır [72, 73]. SL, çok kullanıcılı sanal ortamlardan bir tanesidir ve çok geniş sayıda akademik enstitüler tarafından benimsenmiş [74], Harvard, MIT ve Princeton gibi üniversiteler hali hazırda kendi adalarına sahip olmuşlardır [75]. Dünyada 100'ün üzerinde üniversiteler SL'de sanal ada kiralamakta veya sahip olmaktadır. Fakülteler bu alanları ders okutmak, toplantı yapmak, dijital sanat eserleri sergilemek, müzik performansı sunmak ve sanal ortamlar inşa etmek için kullanılmaktadırlar [76]. Reisoğlu ve arkadaşları tarafından 2017 yılında 3D sanal dünyaların eğitimde kullanımı üzerine yapılan bir yayında 167 adet deneysel çalışma incelenmiş ve SL'nin 99 ve Active World'ün 21 kere kullanıldığı saptanmıştır [77].

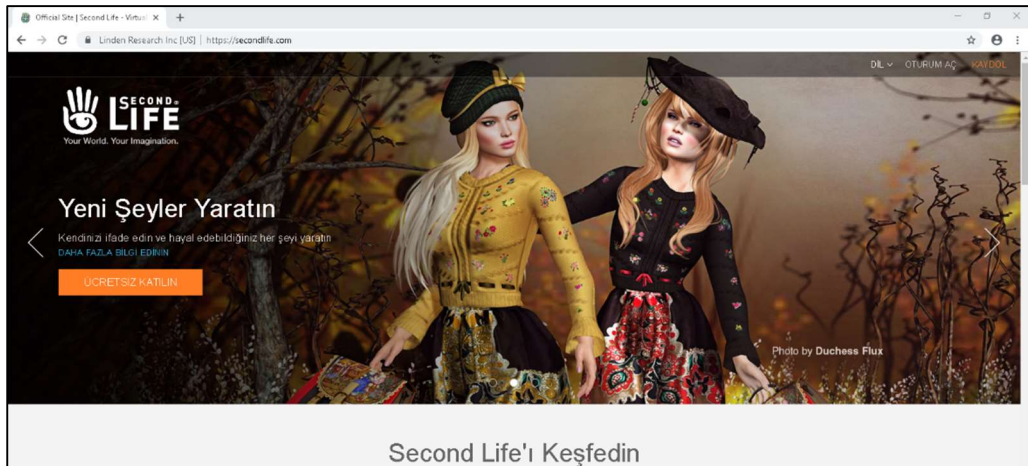
Rahman ve arkadaşları tarafından sanal dünyalarda işbirlikçi öğrenme üzerine yapılan bir çalışmada literatür incelenmiş ve SL'nin en popüler bir sanal dünya olduğu ortaya çıkmıştır [78]. Baker ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada yükseköğretimde en aktif sanal dünyanın SL olduğu belirtilmektedir [76]. SL'de tıp, ticari uygulamalar, yüksek eğitim, mühendislik eğitimi, sağlık eğitimi, öğretmen eğitimi ve mimari eğitim alanında çalışmalar yapılmaktadır [70].

SL'de ikinci dile ait kelimeler öğrenilmesi için görsel analitik çalışmaları yapılmıştır [79]. Flowers ve Aggarwal tarafından yapılan bir çalışmada; SL'yi cerrahi eğitimler için yeni bir simülasyon platformu olarak görmüşlerdir [80]. SL de engellilik ve genel sağlık ile ilgili konuları araştırmak isteyen kullanıcılar için Sanal Yetenek Adası kurulmuştur [81]. Boulos ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada, SL de tıp ve sağlık eğitimi alanında yapılan çalışmalar hakkında detaylı bilgiler verilmektedir [69].

SL üzerinde hemşirelik eğitimi için bir simülasyon ortamı tasarlanmış ve uygulanmıştır [82]. Herold tarafından yapılan bir çalışmada SL, 2010 yılında Honkong Politeknik Üniversitesi'nde okutulan medya çalışmalarına giriş dersi için kullanılmış başarılı sonuçlar elde edilmiştir [72]. Jones ve arkadaşları, SL'de sosyal hizmet eğitimi üzerine bir çalışma yapmışlar ve bu eğitimin öğrenciler için faydalı olduğu sonucuna ulaşmışlardır [83]. Hsu tarafından 2012 yılında yapılan bir çalışmada SL'de turizm eğitimi için simülasyon tabanlı uygulama geliştirilmiştir [84]. Lang ve Bradley tarafından yapılan bir çalışmada; SL'de kimya araştırmaları, eğitimi ve görüntülemeleri üzerine bir incelemede bulunmuşlar ve SL'nin bu çalışmalar için değerli bir araç olduğu sonucuna ulaşmışlardır [85]. Minocha ve Reeves tarafından yapılan bir çalışmada; SL üzerinde hem eğitimciler hem de tasarımcıların fikirlerini tetikleyecek kullanışlı bir kılavuz sağlamaktadır [86]. Crellin ve arkadaşları tarafından yayınlanan bir çalışmada SL'de bilgisayar eğitimi incelemesi yapmışlardır [87]. Callaghan ve arkadaşları tarafından hazırlanan bir çalışmada, SL'de mühendislik eğitim adası tanıtılmış ve SL araçları kullanılarak AC generatör, DC motor, dev kişisel bilgisayar gibi pratik örnekler gösterime sunulmuştur [67, 88].

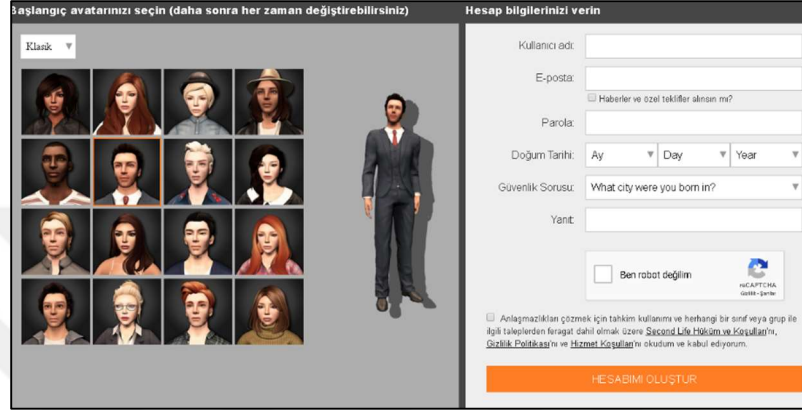
2.1.1. Kurulumu ve kullanımı

SL sanal dünyasına girebilmek için öncelikle kurulumu ve kullanıcı işlemleri tamamlanmalıdır. İşlem basamakları için elde edilen görüntüler, 8 Ekim 2018 tarihinde SL'nin resmi internet sitesi (www.secondlife.com) kullanılarak elde edilmiştir. Şekil 2.1'deki gibi internet tarayıcısına girilmelidir.



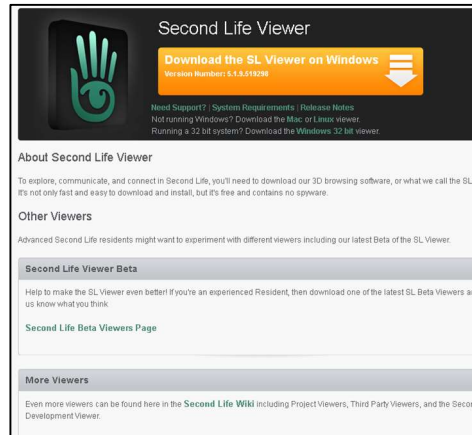
Şekil 2.1. Second Life internet sitesi

Şekil 2.1'deki sağ üst köşedeki "KAYDOL" butonu tıklandığında Şekil 2.2'de görüldüğü gibi ekranda üç boyutlu sanal dünyada yönetilecek olan karakter yani avatar seçilmektedir seçim ekranı gelmektedir. Bu karakter ile sanal dünyada araba kullanılabilmekte, uçak uçurulabilmekte, bisiklete binilebilmekte, video izlenebilmekte, müzik dinlenebilmekte, sosyal aktivitelere girebilmekte ve nesnelere oluşturulup programlama yapılarak etkileşime geçilebilmiştir.



Şekil 2.2. Avatar seçimi

Avatar seçimi aşamasından sonra seçilen avatara bir isim ve kullanıcı hesap bilgileri girilmektedir. Avatar seçimi, avatar ismi ve kullanıcı detaylarından sonra son olarak Şekil 2.3'de görüldüğü gibi Second Life yazılımı bilgisayara indirilmektedir.



Şekil 2.3. Second Life indirme ekranı

Second Life yazılımı indirilip kurulumu yapıldıktan sonra çalıştırılmaktadır. Ekrana gelen pencerede daha önceden alınan avatar adı ve şifresi buraya girilmekte Şekil 2.4'de, oluşturduğumuz avatar, sanal dünyaya gelmektedir. SL, bedava veya premium üyelik desteklemektedir. Premium üyelik ücretli olup Premium üye SL

üzerinde satılık olan alan veya alanları satın alabilmektedir. SL’de avatari istenilen yöne yürütülebilmekte, koşturulabilmekte ve eğer o alanın sahibinin izni var ise uçurulabilmektedir.



Şekil 2.4. Avatarın kullanımı

Şekil 2.4’de görüldüğü gibi avatarın bu hareketleri, ekrandaki butonlar ile sağlanabildiği gibi klavye kısayolları ile de yapılabilir. Ekrandaki mini harita kullanılarak yakın alandaki avatarların varlığını da görmek mümkün olmaktadır. SL’de bir alanın sahibi olan avatar, istediği diğer avatarlara giriş izni, uçuş izni, inşa etme izni ve programlama yapma izni gibi izinler tayin edebilmektedir.

2.1.2. Üç boyutlu tasarım aracı

SL basit düzeyde bir üç boyutlu tasarım aracı içermektedir. Bu araç sayesinde sanal dünyada dinamik olarak nesnelere oluşturulabilmekte ve düzenlenebilmektedir. Şekil 2.5’de görülen bu aracı çağırmak için ‘İnşa Et’ butonu tıklanabilir.



Şekil 2.5. Üç boyutlutasarım aracı

Bu tasarım aracının nesne oluşturma bölümünde küp, prizma, pramit, üçgen pramit, silindir, yarı silindir, koni, yarı koni, küre, yarı küre, torus, tüp, halk, ağaç ve çimen şekilleri elde edilebilmektedir. İstenilen şekil seçilip uygun bir zemine tıklandığında şekil o zeminde oluşturulmaktadır. Bu aracın genel sekmesinde, oluşturulmuş nesnenin adı ve açıklaması girilebilmekte, oluşturan ve sahip olan kişi gibi bilgiler de görülebilmektedir.

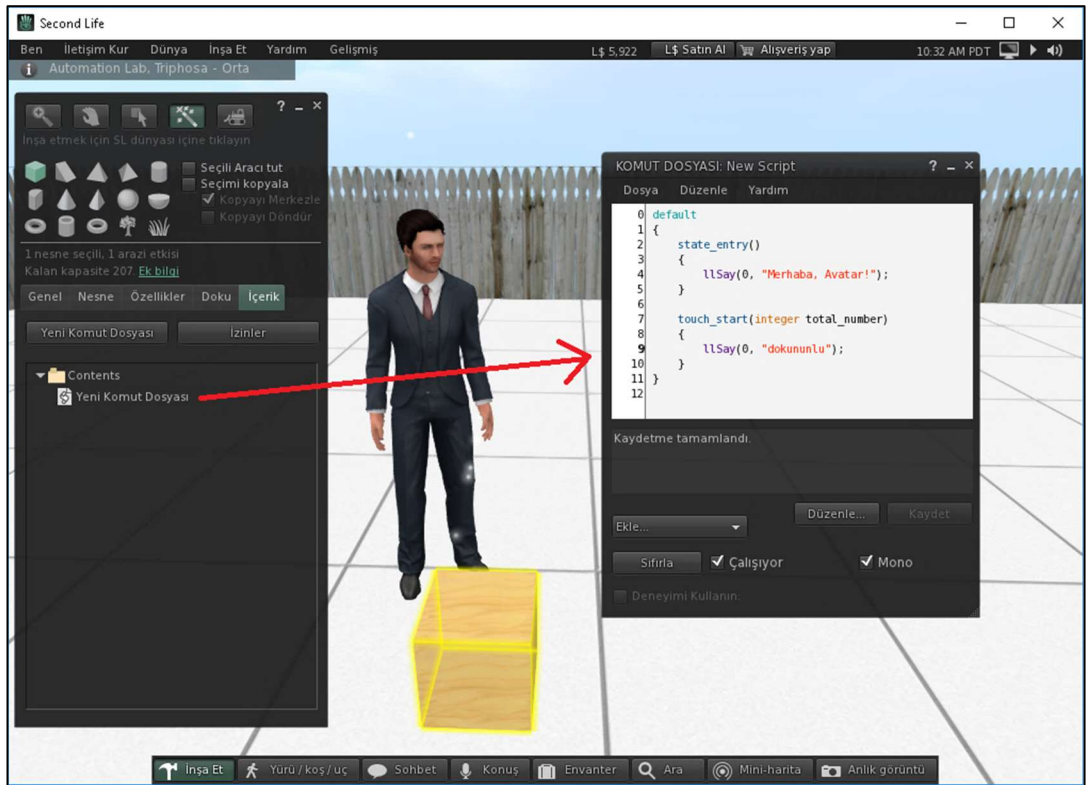
Bir nesne oluşturulduktan sonra aracın nesne sekmesinde o nesne ile ilgili konum, büyüklük, dönüş gibi özellikler değiştirilebilmektedir. Eğer nesne kilitlenirse hareket ettirilemez ve silinemez olmaktadır. Eğer nesnenin fiziksel özelliği aktif hale getirilirse gerçek hayattaki nesnelere gibi davranmaktadır. Eğer nesnenin geçici özelliği aktif hale getirilirse nesne belirli bir süre sonunda silinmektedir. Eğer nesnenin fantom özelliği aktif hale getirilirse nesnenin içinden geçilebilme imkanı doğurmaktadır.

Bir nesne oluşturulduktan sonra aracın özellikler sekmesinde o nesneye esneklik ve ışık yayma özellikleri kazandırılabilir. Ayrıca fiziksel nesnenin taş, metal, cam, ahşap veya plastikten olup olmadığı seçilebilmektedir. Doku sekmesinde o nesneye ait, saydamlık, parlaklık, renk ve doku kaplaması ile ilgili özellikler değiştirilebilmektedir.

İçerik sekmesinde o nesneye ait izinler değiştirilebilmektedir. Grup, diğer herkes ve sonraki sahip için nesnenin dokuları, sesleri, yazılım komutları gibi özelliklerinin paylaşılması, kopya edilmesi veya aktarılması ile ilgili özellikler değiştirilebilmektedir. Bu içerik sekmesinde o nesneye ait komut dosyaları yazılabilmekte ve böylece o nesnenin diğer nesnelere ve avatarlar ile etkileşime girmesi sağlanabilmektedir.

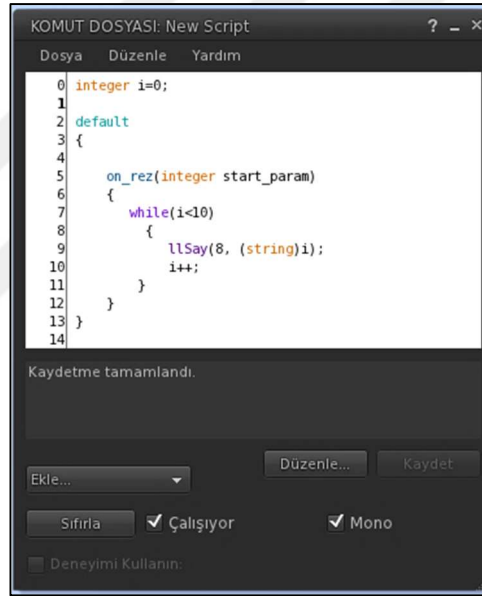
2.1.3. Yazılım geliştirme olanağı

"Linden Script Language" (LSL) yani Linden Komut Dili, SL'de herhangi bir nesneye etkileşimli davranış kazandırmaya yarayan bir programlama dilidir. Mesela parçacıklar kullanılarak ateş, yağmur veya kar oluşturulabilmekte, bir kapıya tıklandığında açılabilen, ışıklar yer ve renk değiştirebilmekte veya bütün olarak bir oyun oluşturulabilmektedir. Kısacası LSL ile sayısız olanaklar kullanılarak bir nesne etkileşimli hale getirilebilmektedir [89]. Komutlar hakkında detaylı bilgilere LSL Portal [90] üzerinden erişilebilmektedir. Bu portala göz atıldığında programlama dilinin genel çerçevesini sabitlerin, değişkenlerin, veri türlerinin, durumların, fonksiyonların, olaylar, akış kontrollerinin ve hataların oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 2.6. Komut dosyası

Şekil 2.6’da görüldüğü üzere çizim aracı kullanılarak bir küp oluşturulduktan sonra içerik sekmesinde kullanılarak yeni bir komut dosyası otomatik olarak oluşturulmaktadır. Bu dosyanın içerisinde bulunan ‘default’ ön tanımlı bir durumun içerisinde iki adet olay görülmektedir. Birincisi ‘state_entry’ olayı olup bu olay başlangıçta ve durum tetiklendiğinde aktif olmaktadır. Bu olayın içerisine istenilen kod/kodlar yazılmaktadır. Burada ‘llSay’ fonksiyonu kullanılarak sıfırinci iletişim kanalına ‘Merhaba, Avatar’ yazısı gönderilmektedir. Bu küp tıklandığında ‘touch_start’ olayı tetiklenmekte ve bu olayın içerisindeki kod/kodlar çalıştırılmaktadır. Burada sıfırinci iletişim kanalına ‘dokunuldu’ yazısı gönderilmektedir. Portal sayfasında göre toplamda 39 adet olay kullanılabilir.



```
0 integer i=0;
1
2 default
3 {
4
5   on_rez(integer start_param)
6   {
7     while(i<10)
8     {
9       llSay(8, (string)i);
10      i++;
11    }
12  }
13 }
14
```

Kaydetme tamamlandı.

Ekle... Düzenle... Kaydet

Sıfırla Çalışıyor Mono

Deneyimi Kullanın:

Şekil 2.7. Değişken tanımlama

Şekil 2.7’de görülen komut dosyasında i adına ve sıfır değerine sahip bir tamsayı değişkeni tanımlanmaktadır. ‘on_rez’ olayı nesnenin bir komut dosyası veya bir avatar tarafından çağırılma gibi işlemlerle tetiklenmektedir. Bu olayın içerisindeki kodda ‘while’ akış kontrolörü kullanılmıştır. ‘i<10’ şartı doğru olduğu müddetçe içerisindeki blok kod işlemektedir. “i++” kodu ise i değişkeninin değerini 1 artırmaktadır. Sonuç olarak içerisinde bu komut dosyasını barındıran bir nesne çağırıldığı zaman sekizinci kanala sıfırdan dokuzaya kadar rakamları yazı olarak göndermektedir. Portal sayfasında göre toplamda 39 adet olay ve 447 adet fonksiyon bulunmaktadır.

3. SECOND LIFE'DA EĞİTİM UYGULAMALARINA KATKILAR

Tez yazarının sorumlu yazar olduğu dört adet yayın ile SL'de eğitimsel uygulamalara katkılar sağlanmıştır. Bölüm 3.1.'de bahsedilen birincisi uygulama [91] ile SL'de bir hidroelektrik santrali tasarlanmıştır. Bölüm 3.2.'de bahsedilen ikinci uygulama [92] ile SL'de rüzgar türbinleri ve şalt sahası üzerine bir uygulama tasarlanmıştır. Bölüm 3.3.'de bahsedilen üçüncü uygulama [93] ile SL'de etkileşimli bir güç transformatörü tasarlanmıştır. Bölüm 3.4.'de bahsedilen dördüncü uygulama [94] ile SL ile gerçek hayattaki bir motorun kontrolü sağlanmıştır.

3.1. SL'de Hidroelektrik Santrali

Bu çalışmada SL'de önemli parçaları içeren bir hidroelektrik enerji santrali inşa edilmiştir. Bu yapı ile ilgili meslek yüksekokulunun elektrik programı öğrencilerine nasıl elektrik üretildiği sanal dünya kullanılarak öğretilmiştir. Ayrıca öğrenciler kendi avatarlarını kullanarak bu yapıyı istediği gibi gözlemleyebilmektedir.

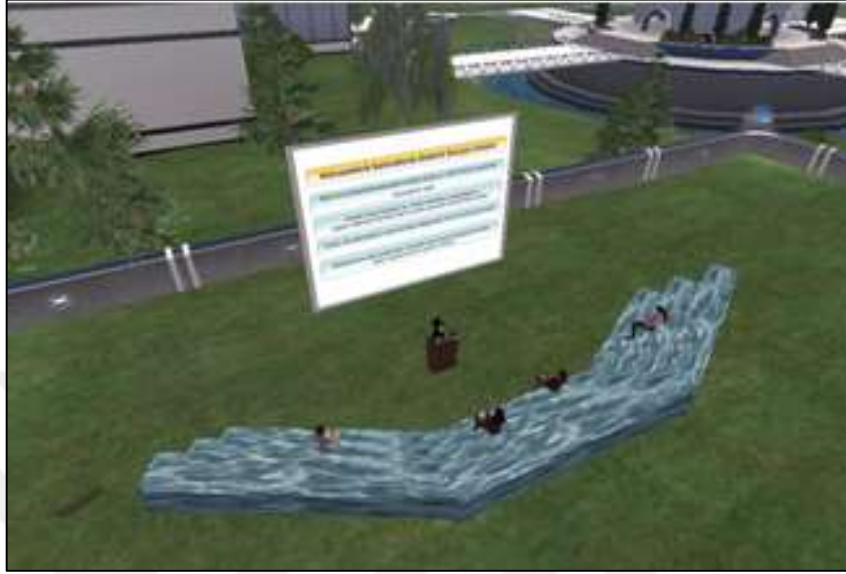
3.1.1. SL'de hidroelektrik santralinin simülasyon tasarımı

Şekil 3.1'de görüldüğü üzere öğrenciler, öncelikle SL'de oryantasyon sürecine alınmış ve SL'nin nasıl kullanılacağı hakkında bilgiler ile donatılmıştır. Öğrenciler burada hem özel hem de diğer öğrencilerin görebileceği şekilde genel olarak mesaj gönderme ve sesli konuşma imkanı sunulmuştur.



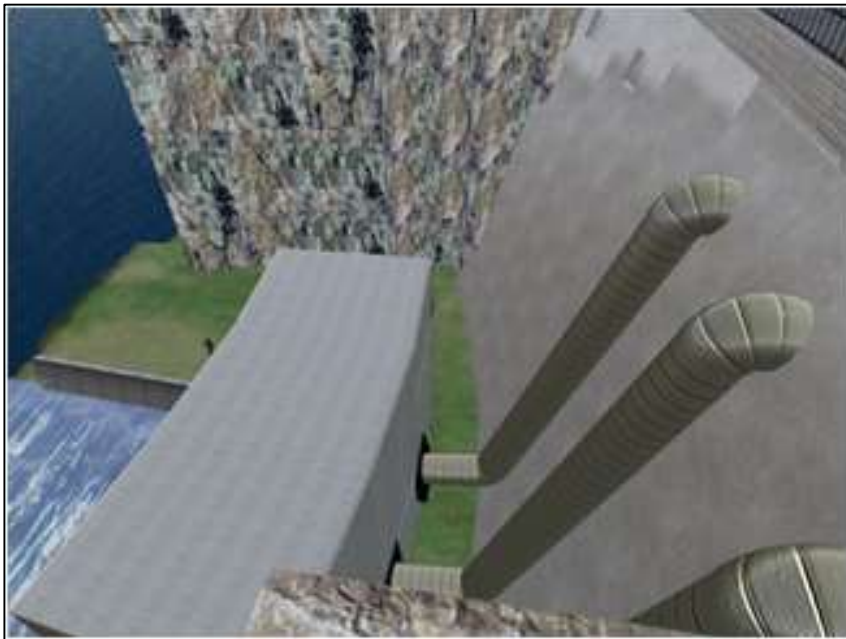
Şekil 3.1. Oryantasyon [91]

Şekil 3.2’de görüldüğü üzere seçilmiş öğrencilere öncelikle hidroelektrik türbinlerinin çalışma prensiplerinden bahsetmek ve nasıl elektrik üreteceği hakkında bilgiler vermek için temel bilgi kursu alanı oluşturulmuştur.



Şekil 3.2. Sanal derslik [91]

Öğrenciler, temel eğitimden sonra sanal dünyada oluşturulan hidroelektrik santralinde gerçek hayatta rastlayabileceği bariyerlere takılmaksızın bir danışman eşliğinde incelemelerde bulunmuşlardır. Şekil 3.3’de hidroelektrik santralinin cebri boruları görülmektedir.



Şekil 3.3. Cebri borular [91]

Şekil 3.4’de hidroelektrik santralinin salyangoz kısımları görülmektedir. Öğrencilerin kontrol ettiği avatarlar yürüyerek, koşarak veya uçarak tasarlanan santralin her tarafını görme imkanına sahip olmaktadır.



Şekil 3.4. Salyangozlar [91]

3.1.2. SL’de hidroelektrik santralinin sonuçları

Öğrenciler gerçek hayattaki çalışan bir hidroelektrik santralinde görmeleri neredeyse imkansız olan iç parçaların nasıl çalıştıklarını gözlemleme imkanı bulmuşlardır. Bununla beraber SL'nin verimli bir şekilde çalışabilmesi için iyi grafik kartlarına ve internet bağlantılarına ihtiyaç duymaktadırlar.

3.2. SL’de Yenilenebilir Enerji

İlgili öğrencilere rüzgar türbinlerinin sistemleri hakkında temel bilgilendirme yapılması amacıyla SL’de bir üç boyutlu sanal sınıf oluşturulmuştur. Öğrenciler konu ile ilgili temel bilgileri aldıktan sonra rüzgar türbinleri ve şalt sahasının içerisindeki ekipmanlar hakkında incelemelerde bulunmuşlardır.

3.2.1. SL’de yenilenebilir enerjinin simülasyon tasarımı

Temel bilgilendirme sürecinden sonra bu öğrenciler, SL’de tasarlanmış olan iç parçalarıyla beraber rüzgar türbinleri ve içerisinde güç transformatörü, kesiciler, ayırıcılar, akım ve gerilim ölçü transformatörlerin bulunduğu şalt sahasını inceleme şansı bulmuşlardır. Şekil 3.5’de tasarlanan rüzgar türbinleri görülmektedir. Öğrenciler avatarlarını kullanarak bu türbinlerin iç kısımlarını da görme imkanına sahip olmuşlardır.



Şekil 3.5. Rüzgar türbinleri [92]

Şekil 3.6'da SL'de tasarlanan şalt sahasına [92] ek olarak baretli eğitimciler görülmektedir. Öğrenciler burada öğretim elemanı eşliğinde ekipmanları görmekte ve ne işe yaradıklarını öğrenmektedirler.



Şekil 3.6. Şalt sahası [92]

3.2.2. SL’de yenilenebilir enerjinin sonuçları

Bu çalışma, Uşak Üniversitesi, Elektrik ve Enerji Bölümü, Elektrik Enerjisi Üretimi, İletimi ve Dağıtımı isimli derste 2010-2011 güz dönemi öğrencilerine uygulanmıştır. Dört öğrenci SL ile eğitilmiş ve diğer öğrenciler geleneksel sınıf yöntemiyle eğitilmiştir. Öğrenci başarısının değerlendirilmesi için ara sınav, dönem sonu sınavı ve dönem ortalaması karşılaştırılmıştır [92].

Tablo 3.1’de geleneksel yöntemlerle eğitilen öğrencilerin sınav notları görülmektedir. Bu öğrencilerin ara sınav notlarının ortalaması 61,17647 ve dönem sonu sınav notlarının ortalaması 81,20588 olarak ölçülmüştür. Dönem sonu puanının ortalaması ise 73,20588 olarak ölçülmüştür. Standart sapma değerleri ise sırasıyla 13,98369, 10,69063 ve 10,05373 olarak hesaplanmıştır [92].

Tablo 3.1. Diğer öğrencilerin puanları [92]

	Ara sınav	Dönem sonu sınavı	Dönem sonu puanı
Ortalama	61,17647	81,20588	73,20588
Standart Sapma	13,98369	10,69063	10,05373
Minimum	30	55	60
Maksimum	100	100	94

Tablo 3.2’de SL üzerinde eğitilen dört öğrenciye ait puanlar görülmektedir. Ara sınav ortalaması 75, dönem sonu sınavının ortalaması 85 ve dönem sonu puanının ortalaması 81 olarak hesaplanmıştır [92].

Tablo 3.2. SL’de eğitilen öğrencilerin sınav ortalamaları [92]

	Ara sınav	Dönem sonu sınavı	Dönem sonu puanı
Ortalama	75	85	81

SL’de eğitim alan ve aşmayan öğrencilerin ara sınav, dönem sonu sınavı ve dönem sonu puanları karşılaştırıldığında; SL’de eğitilen öğrencilerin geleneksel sınıfta eğitim gören öğrencilere göre üstün bir performans sergiledikleri anlaşılmaktadır. Ayrıca SL’de eğitimin öğrenmede pozitif etki oluşturduğu ve SL’nin öğrenmede önemli katkılar sağladığı görülmektedir [92].

SL eğitimi tamamlandıktan sonra öğrencilerle 5-10 dk arası süren yarı yapılandırılmış görüşme gerçekleştirilmiştir. Bir öğrenci SL üzerinde öğrenmenin geleneksel sınıf ortamına göre daha eğlenceli olduğunu belirtmiştir. Görüşmeler incelendiğinde merak, ilgi ve motivasyon kelimelerinin sıklıkla geçtiği anlaşılmıştır. Bir diğer öğrenci ise SL'nin işbirlikçi bir şekilde bağlantılar kurulabileceğini belirtmiştir [92].

Herhangi bir öğrenci ile özel olarak sesli veya yazılı sohbet edebilmesi, 3D simülatör ile birçok deneyin yapılabilmesi gibi durumlar eğitimcilere avantaj sağlamaktadır. Öğrenci merkezli birçok aktivitelere katılabilmeleri, öğrenirken eğlenebilmeleri, birçok yer veya nesne ile etkileşime girebilmeleri, öğrencilere avantajlar sağlamaktadır [92].

3.3. SL'de Güç Transformatörleri

SL'nin hem üç boyutlu tasarım aracını hem de programlama dilini kullanarak etkileşimli bir güç transformatörü tasarlanmış ve ilgili öğrenciler eğitilmiştir.

3.3.1. SL'de güç transformatörlerinin simülasyon tasarımı

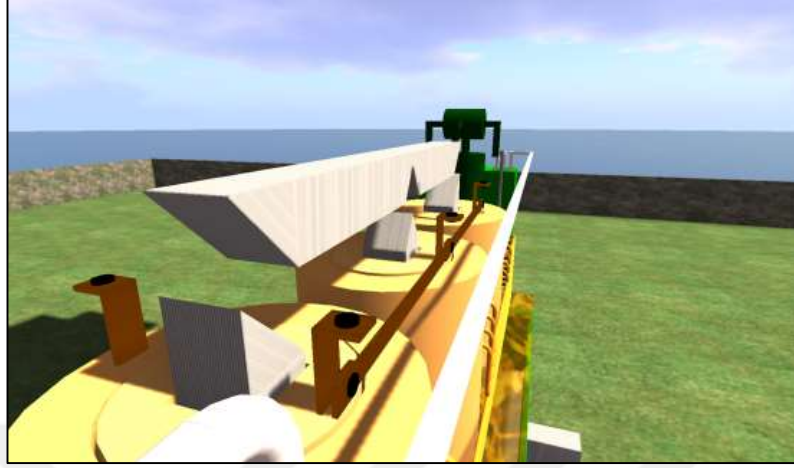
SL'de, sargılar, nüve, yağ, soğutma parçaları, kademe değiştiricisi, buşing ve yağ rezervuar tankı gibi iç parçaların da yer aldığı bir güç transformatörü tasarlanmıştır. Şekil 3.7'de tasarlanan güç transformatörü görülmektedir.



Şekil 3.7. Güç transformatörü [93]

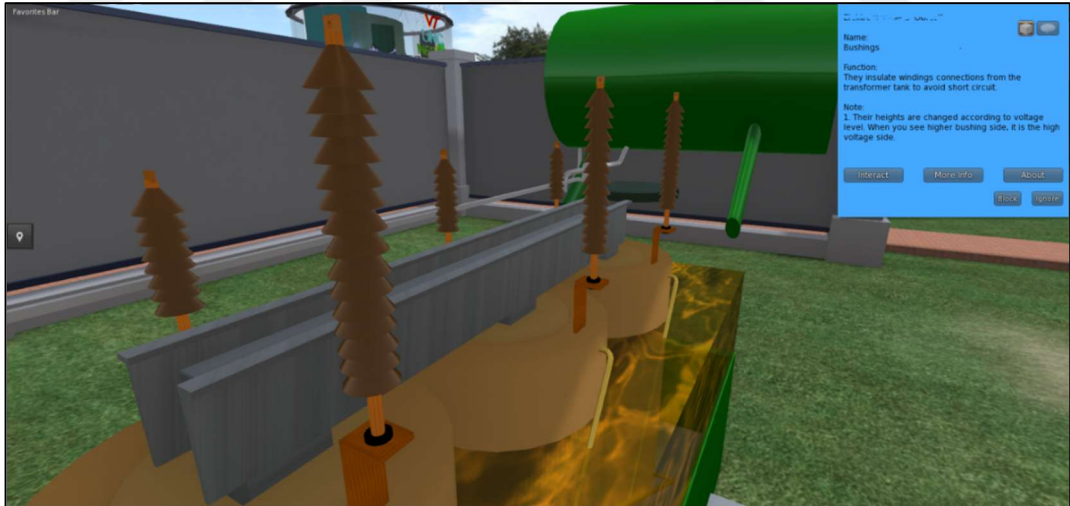
Şekil 3.8'de transformatörün içerisindeki sargılar ve nüve parçaları görülmektedir. Bu üç fazlı transformatörün primer ve sekonder sargılarının nüve üzerine dizilimi ve

nüvenin birçok saçtan meydana geldiğini gören öğrencilerin bu malzemeler ile etkileşime girmeleri sağlanmıştır [93].



Şekil 3.8. Sargılar ve nüve [93]

Şekil 3.9’da gösterildiği gibi ilgili öğrenciler bu transformatörün parçalarını tıklayarak etkileşime geçmekte, onları hareket ettirmekte ve o parça ile ilgili bilgileri anında alabilmektedir.



Şekil 3.9. Etkileşimli parçalar [93]

Şekil 3.10’da görüldüğü gibi bu transformatör kopyalanabilmekte ve böylece her bir öğrenci tarafından ayrı ayrı incelenebilmektedir. Böylece öğretim elemanının olmadığı zamanlarda bile öğrenciler istediği transformatörü seçerek etkileşimli öğrenmeye başlayabilmektedir.



Şekil 3.10. Transformatör eğitim ortamı [93]

3.3.2. SL’de güç transformatörlerinin sonuçları

Bu çalışma, Uşak Üniversitesi, Elektrik ve Enerji Bölümünde 2012-2013 güz yarıyılı içerisinde öğrenim gören seçilmiş öğrencilere SL’de güç transformatörlerinin içyapıları hakkında eğitim ve öğretimi amaçlamaktadır. Her biri 5 öğrenciden oluşan iki adet grup oluşturulmuştur. Kontrol grubu geleneksel yöntemler ile eğitilmiş ve deney grubu ise SL’de tasarlanan sistem ile eğitilmiştir. Her bir gruba öntest ve sontest uygulanarak sonuçlar değerlendirilmiştir [93].

Bu çalışmada veri analizi için SPSS 19 paket programı kullanılmıştır. Örneklem sayısının az oluşu nedeniyle parametrik olmayan testlerden Mann-Whitney U and Wilcoxon Signed Ranks testleri uygulanmıştır. Her bir araştırma sorusu için aşağıdaki bulgular tartışılmıştır [93]. Her iki grup için öntest sonuçları arasında anlamlı bir fark var mıdır? [93]

Tablo 3.3. Öntest sonuçları (Mann - Whitney U Test Sonuçları) [93]

Gruplar	Testler	N	Sıra ortalaması	Sıra toplamı	U	p
Kontrol	Öntest	5	4,60	23	8,000	0,338
Deney	Öntest	5	6,40	32		

Tablo 3.3’de görüldüğü üzere, deney ve kontrol gruplarının öntest sonuçları analiz edildiğinde anlamlı bir fark olmadığı anlaşılmıştır ($U=8,000$ $p=0,338 > 0,05$). Özetle ders konunun aktarılmasından önce, deney ve kontrol grubu arasında bilgi seviyesi

olarak anlamlı bir fark olmadığı ortaya çıkmaktadır [93]. Kontrol grubunun öntest ve sontest sonuçlarında anlamlı bir fark var mıdır? [93]

Tablo 3.4. Kontrol grubunun öntest ve sontest sonuçları (Wilcoxon Signed Ranks Test Sonuçları) [93]

Gruplar	Testler	N	Ortalama	Standart sapma	Z	p
Kontrol	Öntest	5	20	7,906	-2,041	0,041
Kontrol	Sontest	5	44	8,216		

Tablo 3.4’de görüldüğü üzere, kontrol grubunun öntest ve sontest sonuçları analiz edildiğinde, geleneksel yöntemin sontest puanında artış sağladığı anlaşılmıştır. Bu farkın anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla Wilcoxon Signed Ranks test yöntemi uygulanmıştır ($Z=-2,041$ $p=0,041<0,05$). Bu test sonucunda geleneksel yöntemin kontrol grubu öğrencilerinin başarısını artırdığı ortaya çıkmaktadır [93]. Deney grubunun öntest ve sontest sonuçlarında anlamlı bir fark var mıdır? [93]

Tablo 3.5. Deney grubunun öntest ve sontest sonuçları (Wilcoxon Signed Ranks Test Sonuçları) [93]

Grouplar	Testler	N	Ortalama	Standart sapma	Z	p
Deney	Öntest	5	25	9,354	-2,041	0,041
Deney	Sontest	5	70	12,748		

Tablo 3.5’de görüldüğü üzere, deney grubunun öntest ve sontest sonuçları analiz edildiğinde, SL eğitim yöntemin sontest puanında artış sağladığı anlaşılmıştır. Bu farkın anlamlı olup olmadığını belirlemek amacıyla Wilcoxon Signed Ranks test yöntemi uygulanmıştır ($Z=-2,041$ $p=0,041<0,05$). Bu test sonucunda SL eğitim yöntemin deney grubu öğrencilerinin başarısını artırdığı ortaya çıkmaktadır [93]. Her iki grup için sontest sonuçlarında anlamlı bir fark var mıdır? [93]

Tablo 3.6. Sontest sonuçları (Mann - Whitney U Test Sonuçları) [93]

Grouplar	Testler	N	Sıra ortalaması	Sıra toplamı	U	p
Kontrol	Sontest	5	3,30	16,50	1,500	0,020
Deney	Sontest	5	7,70	38,50		

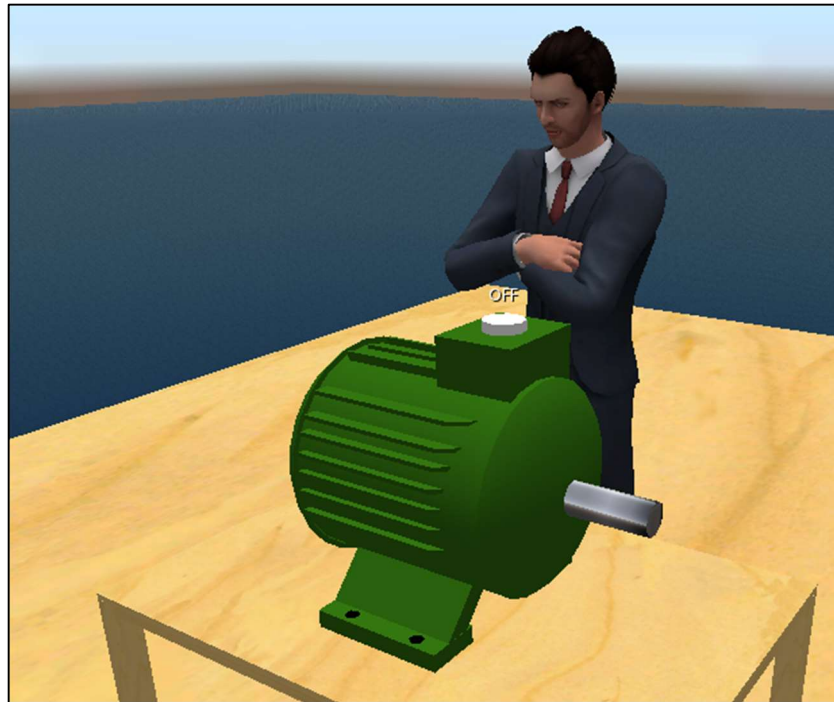
Tablo 3.6’da görüldüğü üzere deney grubunun sontest puanları kontrol grubunun sontest puanlarından daha yüksektir. Bu puanlar arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için Mann - Withney U testi uygulanmıştır. Bu testin sonuçlarına göre bu fark istatistiksel olarak anlamlı gözükmemektedir ($U=1,500$ $p = 0,020 < 0,05$). Özetle SL’de eğitimin geleneksel yöntemle göre öğrencilerin başarılarının artırılması için daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır [93].

3.4. SL ile Motor Kontrolü

SL ile gerçek dünya arasında bir veri bağlantısı oluşturulmuştur. LSL kullanılarak oluşturulan bir sunucu, gerçek dünyadan gelen istekleri yanıtlayabilmektedir. Gerçek dünyadaki bir mikrodenetleyici ve bir kablosuz internet modülü sayesinde SL’den gelen veri sinyalleri gerçek dünyadaki 3 fazlı bir asenkron motoru kontrol edebilmektedir.

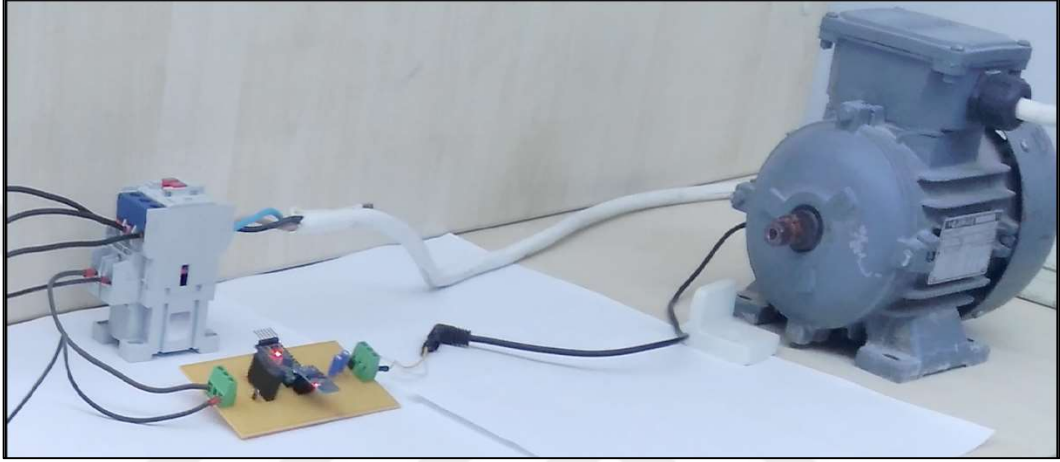
3.4.1. SL ile motor kontrolünün simülasyon tasarımı

Şekil 3.11’de üç fazlı bir asenkron motor tasarlanmıştır. Bu motorun içerisine yazılan LSL kodları sayesinde internet ile haberleşme mümkün hale getirilmiştir. Avatar bu motora dokunduğunda LSL sunucu sayfası bunu veri olarak işleyebilmektedir.



Şekil 3.11. SL’de motor [94]

Şekil 3.12’de gerçek hayatta tasarlanan motor ve onun kontrol ve güç devresi görülmektedir. Bu devre sayesinde belirli zaman aralıklarında LSL’de oluşturulan sunucuya bağlanılarak SL’deki motorun aktif olup olmadığı kontrol edilmektedir. Eğer aktif ise sunucu, bunu istek yapan kontrol devresine göndermektedir. Böylelikle gerçek dünyadaki üç fazlı motorun çalıştırılıp durdurulması SL üzerinden gerçekleştirilmektedir [94].



Şekil 3.12. Gerçek hayatta motor [94]

3.4.2. SL ile motor kontrolünün sonuçları

SL ile gerçek dünya arasında LSL ve gerçek donanımlar kullanılarak bir köprü oluşturulmuştur. Bu köprünün bu tür sistemlerin oluşturulmasındaki karmaşıklıkları azalttığı görülmüştür. Diğer taraftan, sunucu adresinin çalışmada bahsedilen bazı nedenlerden dolayı değişmesi bir dezavantaj olarak görülmüştür [94].

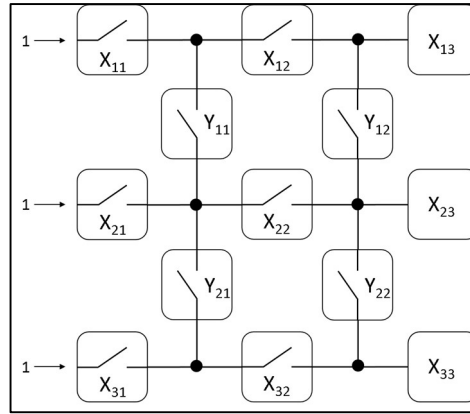
4. PLC TASARIMLARI VE ENTEGRASYONU

Bu bölümde, ilk olarak üç boyutlu bir sanal dünyada oluşturulan temel bir PLC sisteminin tasarım aşamaları ve yazılımı hakkında bilgiler verilmektedir. İkinci olarak gerçek dünyada oluşturulan temel bir PLC sisteminin tasarım aşamaları, devre şemaları, yazılımı ve donanımı hakkında bilgiler verilmektedir. Son olarak gerçek ve sanal dünyada tasarlanan bu PLC sistemlerinin arasında kurulan bir iletişim ile sanal dünyadan gerçek dünyaya PLC verileri aktarımı hakkında detaylar verilmektedir.

4.1. 3D Sanal Dünyada PLC Sistemi

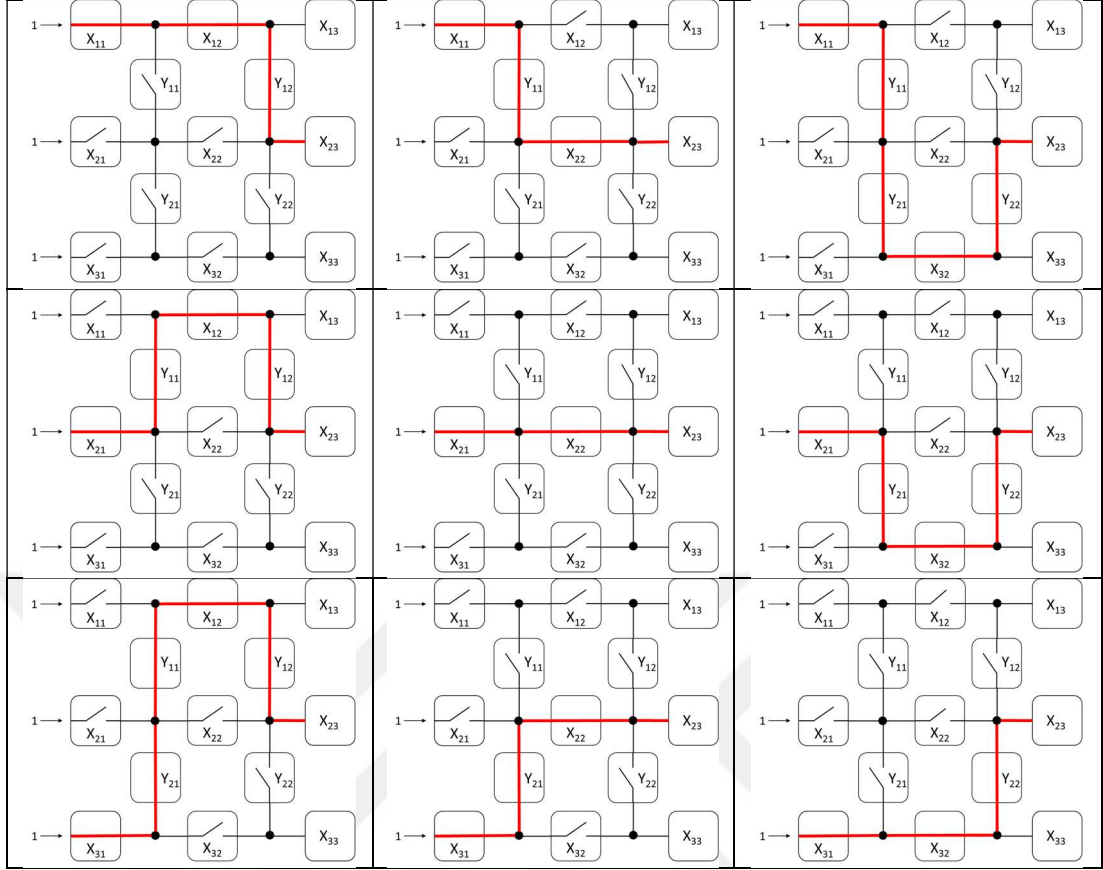
4.1.1. 3D sanal dünyada PLC sisteminin tasarımı

PLC programlama panelinin çalışma mantığının daha iyi bir şekilde anlaşılabilmesi için Şekil 4.1’de görüldüğü gibi 3 satır, 3 sütun ve dikey anahtarlardan oluşan bir panelde $X_{11,12,21,22,31,32}$ anahtar hücreleri kontakların konumlandırıldığı ve $X_{13,23,33}$ hücreleri ise bobinlerin konumlandırıldığı hücreleri temsil etmektedir. Mantıksal olarak X_{23} bobin hücresinin aktif olabilmesi için bu hücrenin lojik 1 seviyesinde olması gerekmektedir.



Şekil 4.1. 3x3 hücreli PLC paneli

X_{23} bobin hücrelerini aktif hale getirebilecek dikey anahtarlar ve tüm kontak hücrelerinin mantıksal durumları Şekil 4.2’de gösterilmektedir. 3x3 panel tasarımında sadece X_{23} bobin hücrelerini lojik 1 yapan toplam 9 adet durumun ortaya çıktığı görülmüştür.



Şekil 4.2. X23 hücresinin etkin hale getirilme durumları

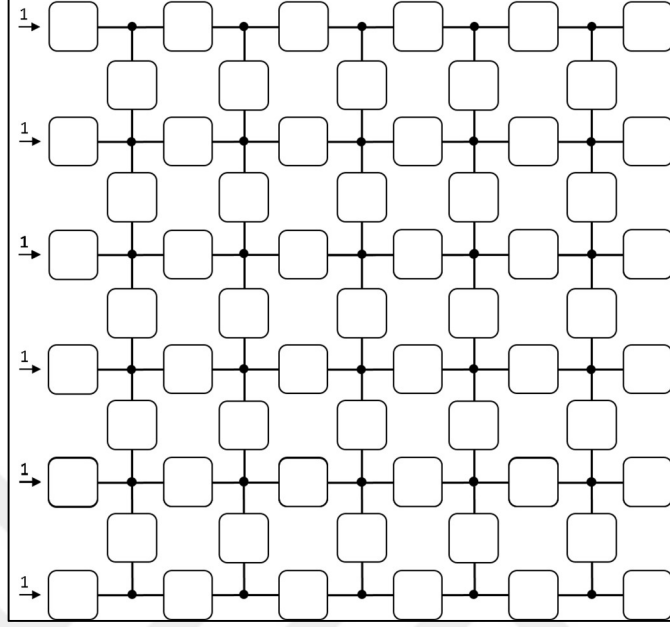
Denklem (4.1)'de X₂₃ bobin hücresinin mantıksal matematiği görülmektedir.

$$\begin{aligned}
 X_{23} = & (X_{11} \cdot X_{12} \cdot Y_{12}) + (X_{11} \cdot Y_{11} \cdot X_{22}) + (X_{11} \cdot Y_{11} \cdot Y_{21} \cdot X_{32} \cdot Y_{22}) + (X_{21} \cdot \\
 & Y_{11} \cdot X_{12} \cdot Y_{12}) + (X_{21} \cdot X_{22}) + (X_{21} \cdot Y_{21} \cdot X_{32} \cdot Y_{22}) + (X_{31} \cdot Y_{21} \cdot Y_{11} \cdot X_{12} \cdot \\
 & Y_{12}) + (X_{31} \cdot Y_{21} \cdot X_{22}) + (X_{31} \cdot X_{32} \cdot Y_{22})
 \end{aligned} \quad (4.1)$$

Şekil 4.3'de X₂₃ bobin hücresini VE ve VEYA mantıksal kapıları kullanılarak aktif duruma getirebilecek 9 adet olasılığa ait bir devre tasarımı görülmektedir. Bu devre KiCad [95] programı ile tasarlanmıştır.

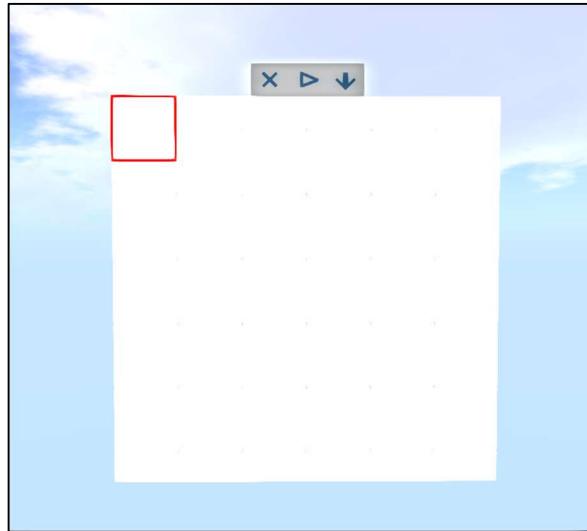
Şekil 4.4'de 3x3 hücreli bir programlama tasarımı görülmektedir. Lojik anahtarlama olarak dört adet yatay hücre ve bir adet dikey hücre kullanılmıştır. Q4 hücresinin lojik 1 olabilmesi için gerekli anahtarlama devresi I1 hattından veya I3 hattından olabilmektedir.

durumlar için ayrı ayrı mantıksal tasarım gerçekleştirilmiş ve bu LSL programlama dili kullanılarak yazılım haline getirilmiştir.



Şekil 4.5. 6x6 hücreli PLC panel tasarımı

Şekil 4.6’da SLPLC programlama paneli görülmektedir. Panel üzerinde çarpı sembolüne sahip olan buton, tasarlanan programı silme işlemi gerçekleştirmektedir. Oynat butonuna bir defa tıkladığında programlanan sistemin simülasyonunu yapmaya yardımcı olmaktadır. İndirme sembolüne sahip buton ise SLPLC programını gerçek dünyadaki PLC (RLPLC)’ ye transfer etmektedir. Bu butonların çalışma prensipleri ileriki sayfalarda detaylı olarak açıklanmaktadır.



Şekil 4.6. SLPLC paneli

bulunmaktadır. Yatay çizgiler (Y.Ç.) ve dikey çizgiler (D.Ç.) hücreler arası bağlantılar kurmak için kullanılmaktadır.

Tablo 4.1. PLC tanımlamaları

isim	tanım	değer	isim	tanım	değer
I1	1. giriş	1	C1	1. sayıcı	11
I2	2. giriş	2	C2	2. sayıcı	12
I3	3. giriş	3	Y.Ç.	yatay çizgi	16
I4	4. giriş	4	D.Ç.	dikey çizgi	17
Q1	1. çıkış	5	NO	normalde açık kontak	0
Q2	2. çıkış	6	NC	normalde kapalı kontak	1
Q3	3. çıkış	7	S	set bobini	1
Q4	4. çıkış	8	R	reset bobini	2
M1	1. hafıza	9	U	yukarı sayma bobini	3
M2	2. hafıza	10	D	aşağı sayma bobini	4
T1	1. zamanlayıcı	13	T	zamanlayıcı bobini	5
T2	2. zamanlayıcı	14	C	klasik röle bobini	6
T3	3. zamanlayıcı	15	-		-

Avatar tarafından SLPLC paneli üzerinde bir hücre tıklandığında kırmızı çerçeve, tıklanan hücrenin üzerinde pozisyon almakta ve böylece avatarın hangi hücre üzerinde işlem yapacağını belirtmektedir. Tıklanan hücreye gelebilecek sembol listesi avatara sunulmakta ve bir seçim yapması istenmektedir. Seçilen sembolün doku dosyasındaki pozisyonuna göre hücre dokusu sembol şeklini almaktadır. Seçilen sembolün ve hücrenin kodu yönetici nesneye otomatik olarak gönderilmektedir.

Avatar tarafından SLPLC programlama paneli üzerinde herhangi bir hücreye tıklatıldığında tıklanan hücre içerisindeki LSL komut dosyasının “touch_start” olayı etkin hale gelmekte ve Şekil 4.8’de görüldüğü gibi içerisindeki kodlar çalıştırılmaktadır. 46. satırda yer alan “llWhisper” işlevi kullanılarak avatarlar veya nesnelerin çok sık kullanmadığı -213546878 no’lu kanal üzerinden tıklanılan hücrenin pozisyon bilgisi gönderilmektedir. 47. satırda hücreye tıklayan avatarın kimlik bilgisi alınmaktadır. Bu bilgi kullanılarak kendisine izin verilmeyen avatarların programlama

panelini kullanması da engellenebilmektedir. 48. satırda tıklama işlemini yapan avatara daha önceden sunulan bir menünün iptal edilmesini ve 49. satırda tıklama işlemini yapan avatarın ekranına m0 adında bir menü getirilmesini sağlamaktadır.

```
44 touch_start(integer total_number)
45 {
46     llWhisper(-213546878,(string)llGetPos());
47     key id = llDetectedKey(0);
48     close_menu();
49     open_menu(id, " ", m0);
50 }
```

Şekil 4.8. Tıklama olayının yazılımı

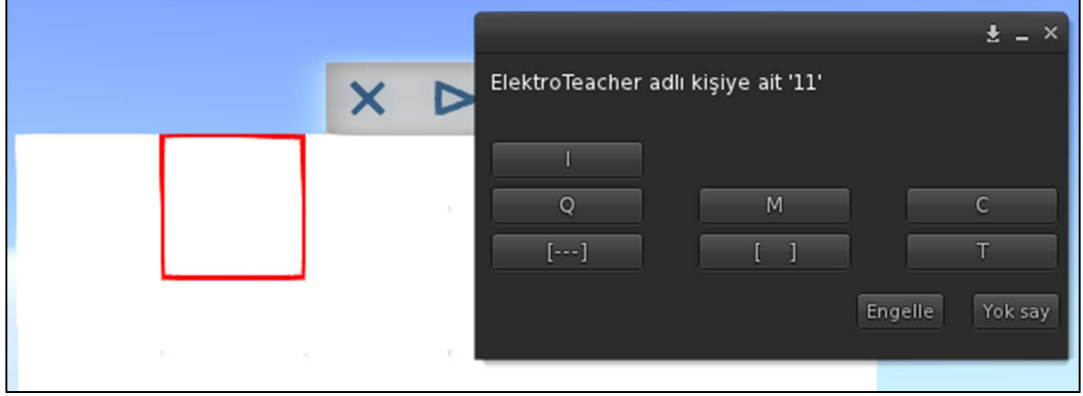
Şekil 4.9’da panel üzerindeki kırmızı çerçeveye ait bir kod parçası görülmektedir. 4. Satırdaki llListen işlevi kullanılarak -213546878 no’lu kanalın dinlenebilmesi sağlanmış bulunmaktadır. “on_rez” olayı kullanılarak SLPLC panelinin taşınmasında veya yeniden oluşturulmasında çerçeve içerisindeki kodların resetlenmesi sağlanmaktadır. 9. satırdaki “listen” olayı kullanılarak daha önceden ayarlanan kanaldan gelen veriler işlenebilmektedir. Özetle bir hücreye tıklandığında o hücreye ait pozisyon bilgisi çerçeve tarafından okunmakta ve çerçeve o hücrenin pozisyonuna taşınmaktadır.

```
0 default
1 {
2     state_entry()
3     {
4         llListen( -213546878, "", NULL_KEY, "" );
5     }
6     on_rez(integer message) {
7         llResetScript();
8     }
9     listen(integer channel, string name, key id, string message) {
10
11
12         llSetPos((vector)message -<0.01,0,0>);
13
14     }
15 }
```

Şekil 4.9. Çerçeve yazılımının bir kısmı

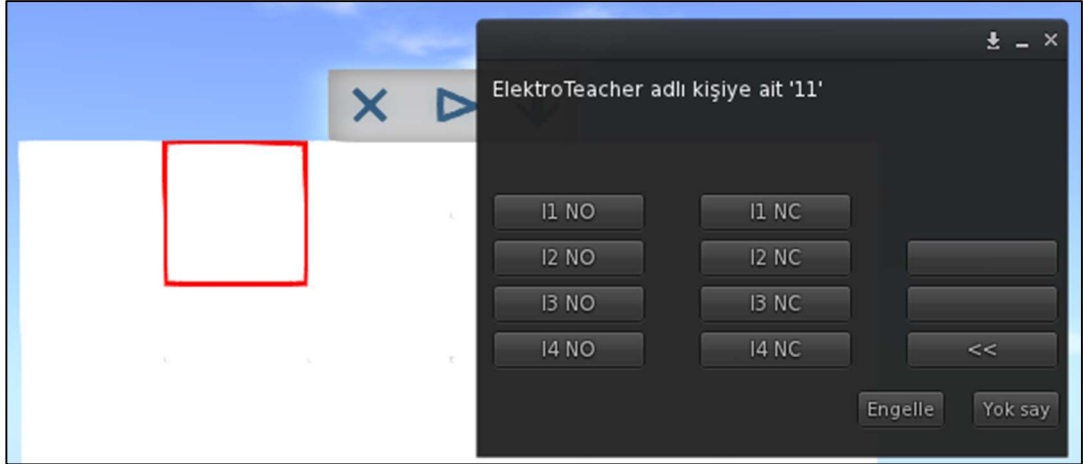
Şekil 4.10’da görüldüğü üzere avatar, SLPLC panelinin 1. satır 2. sütununa tıkladıktan sonra kırmızı çerçeve o hücrenin pozisyonuna taşınmıştır. Kullanıcı ekranına, m0 adında ve içeriğinde girişler (I), çıkışlar (Q), hafızalar (M), zamanlayıcılar (T),

sayıcılar (C), yatay çizgi ve hücreyi eski durumuna döndüren boşluk butonu olan bir liste gelmektedir.



Şekil 4.10. Hücreye tıklama

Kullanıcı, girişler butonuna tıkladığında karşısına tüm girişlerin NO ve NC kontaklarının bulunduğu Şekil 4.11’de görülen yeni bir liste gelmektedir. Ayrıca “<<” butonu kullanılarak bir önceki menü tekrar çağrılabilir.



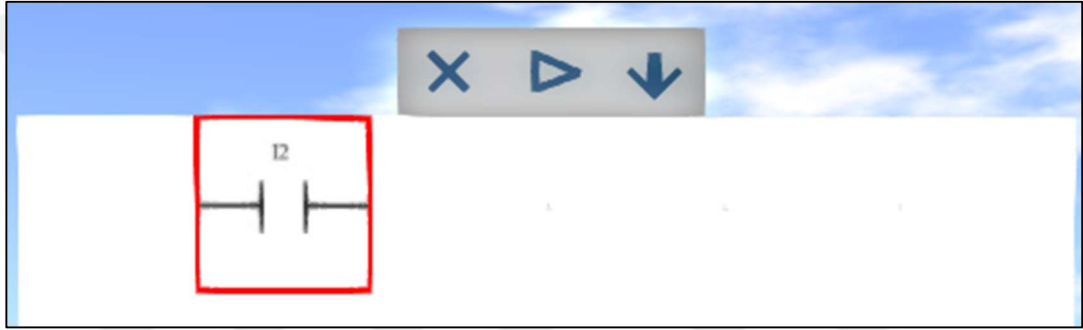
Şekil 4.11. Sembol seçimi

Kullanıcı yeni açılan menüden I2 girişinin NO kontağını seçtiğinde hücre içerisine “I2 NO” mesajı iletilmektedir. Şekil 4.12’de görüldüğü üzere 84. satırda “l1OffsetTexture” işlevi ile doku dosyası içerisindeki I2 NO kontağının sembolünün pozisyonu tıklanılan hücrenin 4. yüzüne yani kullanıcıya göre ön yüzüne getirilmektedir. 85. satırdaki kod ile -213546879 no’lu kanala tıklanılan hücrenin adı ile beraber “=I2=0” bilgisi gönderilmektedir.

```
82 else if(message == "I2 NO")
83     {
84         llOffsetTexture(0.30921, -0.0622, 4);
85         llWhisper(-213546879, llGetObjectName()+ "=I2=0");
86     }
```

Şekil 4.12. Yönetici nesnesine veri gönderimi

Bu sürecin tamamlanması sonrasında özetle, Şekil 4.13’de görüldüğü üzere çerçeve, tıklanılan hücreye taşınmakta, hücre dokusu I2 NO’ya ait şekli almakta ve -213546879 no’lu kanalı da dinleyen yönetici nesnesinin içerisine SLPLC panelinin 1. satır 2. sütun hücresine I2 girişinin NO kontağının konulduğu bilgisi gönderilmektedir.



Şekil 4.13. Sembol yerleşimi

SLPLC paneli üzerindeki çarpı şeklinde silme butonu tıklandığında öncelikle sistemin ileride açıklanacak olan simülasyon veya sanal gerçekleştirme modunda olup olmadığı test edilmektedir. Bu iki moda girildiğinde -213546868 no’lu kanaldan gelen veriler işlenmektedir. Bu kanaldan “111” geldiğinde sistemin simülasyon veya sanal gerçekleştirme modunda olduğu anlaşılmakta ve Şekil 4.14’de görüldüğü üzere silme butonuna tıklansa bile silme işlemi gerçekleştirilememektedir. Fakat tasarım modunda ise kullanıcı ekranına bir menü açılmakta ve m0 adındaki bir listede “Evet” ve “Hayır” butonları gelmektedir. “Evet” butonuna tıklandığında 47. satırdaki “Listen” olayı tetiklenmekte ve 58. satırdaki şart bloğunun içerisindeki kod çalıştırılmaktadır. Bu da -213546873 no’lu kanala “1” verisini göndermektedir.

```

37 touch_start(integer total_number)
38 {
39     key id = llDetectedKey(0);
40     close_menu();
41     if (i==1) {
42         llDialog(id, "\n\nUyarı: Simülasyon modunda silinemez", ["Taman" ], -1);
43         return; }
44     open_menu(id, "\n\nSilme istediğinizden emin misiniz?" , m0);
45 }
46
47 listen(integer channel, string name, key id, string message)
48 {
49     if(channel == -213546868 & message=="111") {
50         i=1; return; }
51     if(channel == -213546868 & message=="000") {
52         i=0; return; }
53
54     if(channel != dialogChannel)
55         return;
56
57     close_menu();
58     if(message == "Evet") {
59         llWhisper(-213546873, "1");

```

Şekil 4.14. Silme butonuna ait kod parçası

Bütün hücrelerde bulunan kodlar içerisinde -213546873 no'lu kanaldan gelen veriler dinlenmektedir. Şekil 4.15’de görüldüğü üzere “sil” adına sahip silme butonundan söz konusu kanala herhangi bir veri geldiğinde 56. satır çalışarak hücre görüntüsünü boş şekil ile değiştirmekte ve 57. satır çalışarak -213546879 no’lu yönetici nesnesinin dinlediği kanala söz konusu hücrenin boş bir değer olduğu bilgisi gönderilmektedir.

```

52 listen(integer channel, string name, key id, string message)
53 {
54
55     if(channel==-213546873 && name=="sil") {
56         llOffsetTexture(0.31251, -0.43690, 4);
57         llWhisper(-213546879, llGetObjectNames()+"=L=0");
58     }

```

Şekil 4.15. Hücreye ait silme kod parçası

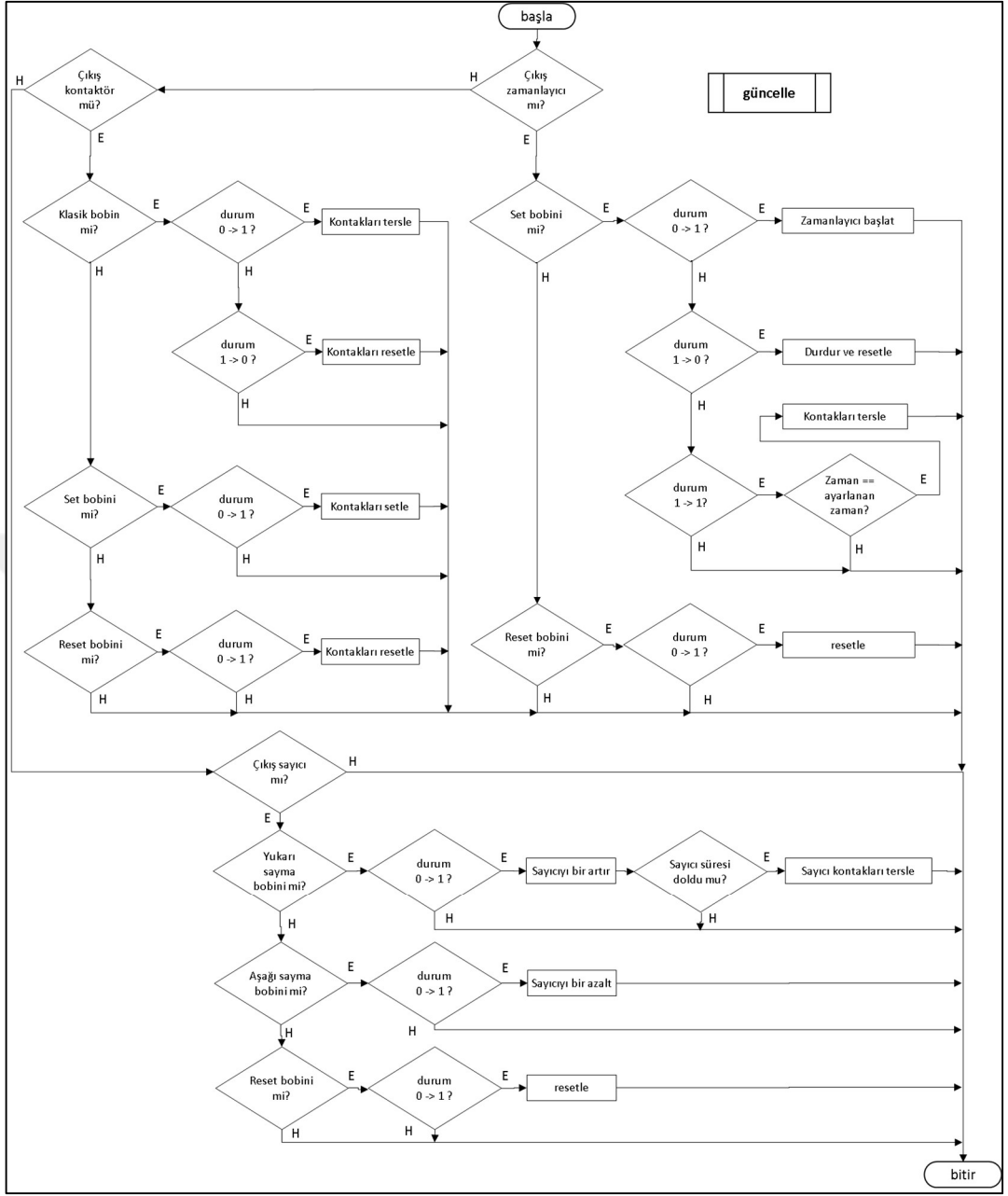
SLPLC programlama paneli üzerindeki oynat sembolüne sahip buton, yönetici nesnesi olarak tanımlanmıştır. Tüm hücrelerden gelen veriler bu nesne içerisine gönderilmektedir. Bu buton ilk yüklendiğinde oynat sembolü birinci durumu aktif olmakta ve hücrelerden gelen veriler, bu durumun “Listen” olayı içerisinde alınmakta ve Şekil 4.16’da görüldüğü gibi 54, 55 ve 56. satırlardaki kodlar kullanılarak ayrıştırılmaktadır. p değişkeninde hangi hücreden geldiği, ii değişkeninde hücrede hangi bobinin veya kontağın konulduğu ve d değişkeninde de bobin veya kontağın

değeri tutulmaktadır. SLPLC panelinin en sağ sütunu bobinlere ayrıldığından dolayı $p > 54$ şartını sağlayan hücrelerin bobin hücresi olduğu anlaşılmaktadır. Tüm kontak hücreleri Şekil 4.5’de verilmiş olan hücreler içerisinde lojik 1 veya lojik 0 değerinde açık veya kapalı anahtarlara dönüştürülmektedir.

```
50 listen(integer channel, string name, key id, string message)
51 {
52     if(strlen(message) > 4){
53
54         p=(integer)llList2String(llParseString2List(message,["="],[ ]),0);
55         ii=llList2String(llParseString2List(message,["="],[ ]),1);
56         d=(integer)llList2String(llParseString2List(message,["="],[ ]),2);
57
58         if(p>54)
59         {
60             o_ad= llListReplaceList(o_ad,[ii],p-55,p-55);
61             o_deger= llListReplaceList(o_deger,[d],p-55,p-55);
62         }
63         else
64         {
65             ad= llListReplaceList(ad,[ii],p,p);
66             ilk_deger= llListReplaceList(ilk_deger,[d],p,p);
67         }
68     }
69 }
```

Şekil 4.16. Oynat butonunun birinci durum dinleme kod parçası

SLPLC panel üzerinde bir PLC programlama diyagramı çizildikten sonra bu oynat butonuna bir kez tıklandığında yönetici nesnesi içerisindeki kodlar için ikinci durum aktif olmakta ve simülasyon moduna geçilmektedir. Bu modda önce PLC girişleri olan I1, I2, I3, I4 ve I5’in durumları incelenmekte ve o an için lojik olarak 1 veya 0 olduğu bilgisi işleme alınmaktadır. Daha sonra simülasyon için ikinci durumda yazılan kodlar çalıştırılarak Şekil 4.3’deki gibi lojik kapılar kullanılarak tüm kontak hücreleri taranmakta ve en sağ tarafta bulunan bobin hücrelerinin aktif olup olmadığı yazılımsal olarak değerlendirilmektedir. Özetle, SLPLC paneli üzerinde tasarlanan PLC programı taranmakta ve hangi bobin hücresinin aktif olup olmayacağı belirlenmektedir. Bobin hücrelerinin bir önceki lojik durumları ve o hücrede hangi bobinin bulunduğu da dikkate alınarak PLC programında bir güncelleme yapılmaktadır. Şekil 4.17’de güncelleme alt programının çalışmasına ait akış diyagramı verilmektedir. Güncelleme sonrasında tekrar tüm girişler ve güncellenen PLC programı tekrar taranmakta ve yeni bir güncelleme işlemi yapılmaktadır. Bu döngü simülasyon modunda sürekli olarak devam etmektedir.



Şekil 4.17. Güncelleme alt programının akış diyagramı

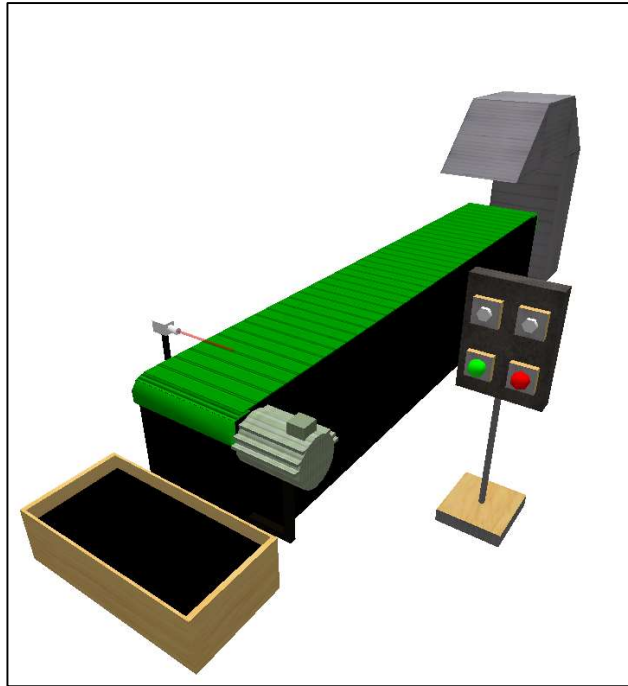
Şekil 4.18’de simülasyon paneli görülmektedir. Avatar, burada istediği girişi tıklayarak aktif veya pasif edebilmektedir. Böylece önceden tasarlanan PLC programı arka planda sürekli taramakta ve çıkış üretebilmektedir. Bu çıkışlar da yine simülasyon paneli üzerinden gözlemlenebilmektedir.



Şekil 4.18. Simülasyon paneli

4.1.2. 3D sanal dünyada PLC sisteminin sanal gerçekleştirilmesi

SLPLC programlama paneli üzerinde bulunan oynat butonuna ikinci kez tıklatıldığında sistem, simülasyon modundan çıkıp sanal gerçekleştirme moduna girmektedir. Bu modda Şekil 4.19’da görüldüğü üzere kullanılacak ekipmanlar bir adet yürüyen bant motoru, bir adet yaklaşım sensörü, iki adet buton ve biri yeşil diğeri kırmızı olmak üzere iki adet lambadan oluşmaktadır. Bant motoru enerjilendiğinde yürüyen bant ve üzerinde hareket edecek ürünler devreye girmektedir.



Şekil 4.19. Sanal gerçekleştirme ekipmanları

SLPLC sistemi tasarım modunda iken sanal gerçekleştirme ekipmanlarına tıklanarak istenilen PLC giriş veya çıkış ucu bağlanabilmektedir. Şekil 4.20’de bir lambanın tasarım modu olan birinci durumuna ait “listen” olayı içerisinde görüldüğü gibi 50. satıra ait kod ile yönetici dinlenilmekte ve buradan gelen “000” mesajı ile birlikte ikinci durum olan sanal gerçekleştirme moduna girilmektedir. Tasarım modunda avatar bu lambaya tıkladığında ekranına atama yapabileceği çıkışlar olan Q1, Q2, Q3 veya Q4 seçimi gelmektedir. Eğer ki kullanıcı Q1 çıkışını bu lambaya atamak isterse onu seçmekte ve 58. satırdaki koda göre atanan çıkış, 59. satır çalıştırılarak lamba üzerinde “Q1” atanan isim ibaresi belirlemektedir. i değişkeni ise 1 değerini almaktadır.

```
47 listen(integer channel, string name, key id, string message)
48 {
49
50     if(channel== -213546875 && message=="000")
51     {state two;}
52
53     if(channel != dialogChannel)
54     return;
55
56     close_menu();
57
58     if(message == "Q1")
59     { llSetText("Q1", <1.0, 1.0, 1.0>, 1.0); i=1;}
```

Şekil 4.20. Sanal gerçekleştirme lambasının 1. durum kod parçası

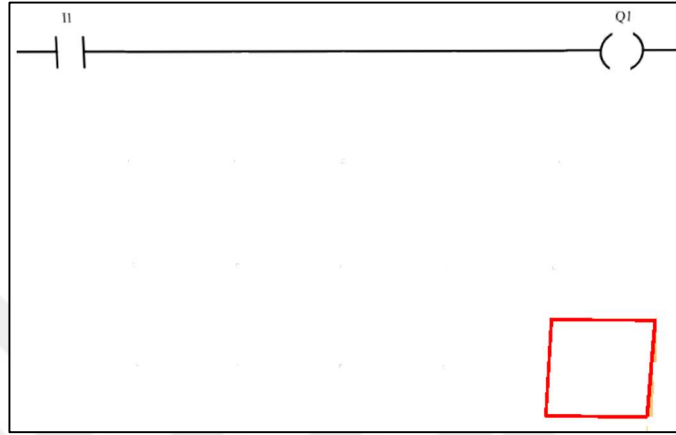
Lambalar gibi diğer ekipmanlar da kendi içerisindeki kodlar kullanılarak tasarım aşamasında istenilen PLC girişi veya çıkışı atanabilmektedir. Sanal gerçekleştirme moduna geçildiğinde tasarlanan PLC programına göre Q1 çıkışının set veya klasik bobini enerjilendiğinde Şekil 4.21’de görülen 104. satır çalıştırılmakta ve lamba ışık vermektedir.

```
97 listen(integer channel, string name, key id, string message)
98 {
99     if(channel== -213546875 && message=="111")
100     {state default;}
101
102     if(i==1){
103     if(channel== -213546879 && message=="Q1,1")
104     {llSetPrimitiveParams( [ PRIM_GLOW, ALL_SIDES, 1 ] ) ;}
105     else if(channel== -213546879 && message=="Q1,0")
106     {llSetPrimitiveParams( [ PRIM_GLOW, ALL_SIDES, 0 ] ) ;}}
```

Şekil 4.21. Sanal gerçekleştirme lambasının 2. durum kod parçası

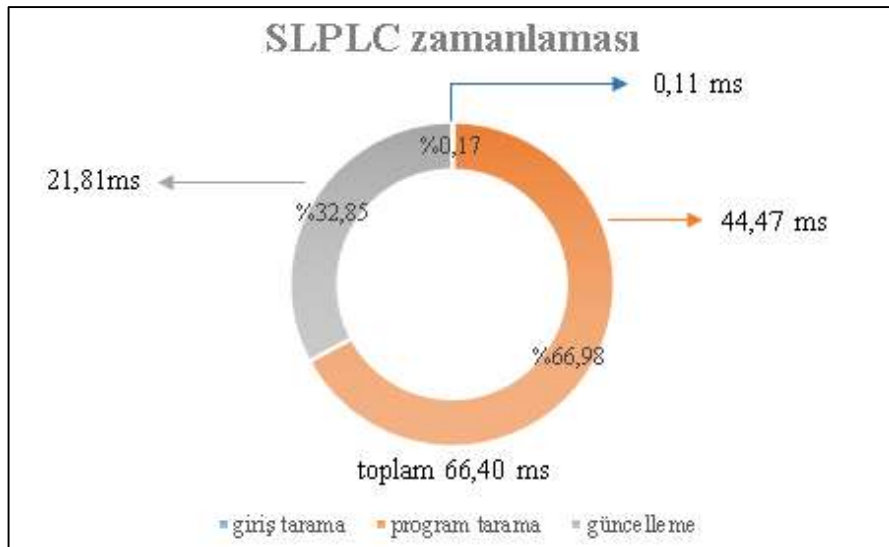
4.1.3. 3D sanal dünyada PLC sisteminin testleri

SLPLC programlama paneli üzerinde tasarlanan programın simülasyonu için ihtiyaç duyulan zamanı tespit edebilmek amacıyla Şekil 4.22’de görülen birinci test programı oluşturulmuştur. Bu programa göre I1 girişinin NO kontağı kapandığında Q1 çıkışının klasik bobini enerjilenmekte ve NO olan çıkış kontakları NC olmaktadır.



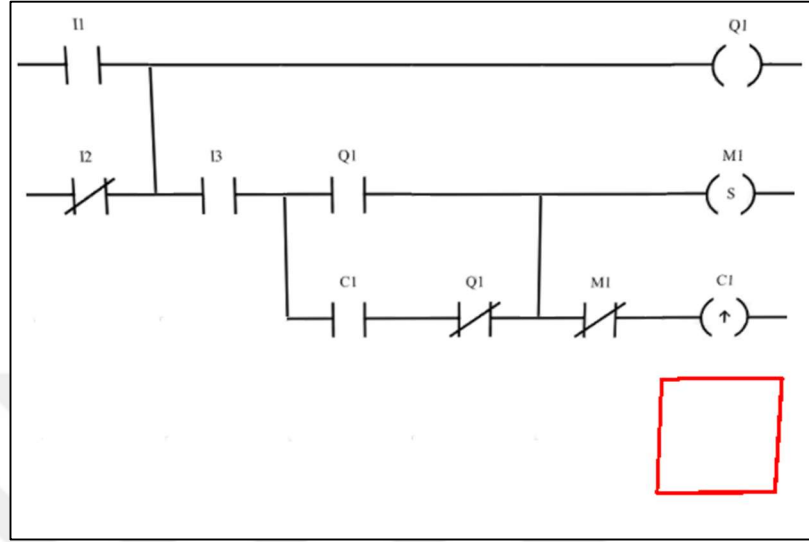
Şekil 4.22. 1. Test programı

Bu programın simülasyon moduna geçildiğinde giriş tarama, program tarama ve güncelleme işlemleri için ihtiyaç duyulan süreler ölçülmüş ve bir grafik halinde Şekil 4.23’de verilmiştir. Bu programın simülasyonunun bir döngüsü toplam 66,40 ms sürdüğü gözlemlenmiştir. Bu sürenin yaklaşık % 0,17’lik kısmı girişleri taramak için, %66,98’lik kısmı program tarama işlemleri için ve %32,85’lik kısmı güncelleme işlemlerini tamamlamak için harcadığı belirlenmiştir.



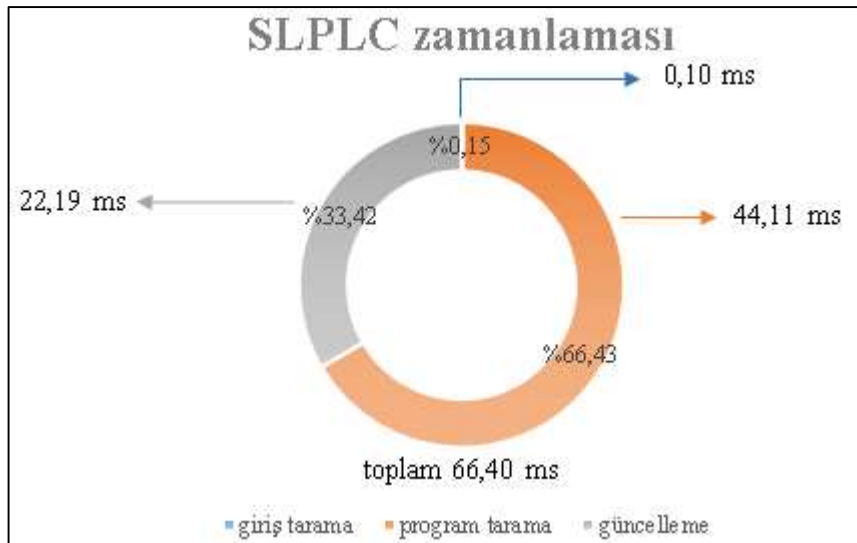
Şekil 4.23. SLPLC 1. test sonuçları

Şekil 4.24’de görülen ve ilk test programına göre daha karmaşık bir yapıya sahip ikinci test programı oluşturulmuştur. 7 adet kontak, ara bağlantılar ve 3 adet çıkış bobini kullanılmıştır.



Şekil 4.24. 2. Test programı

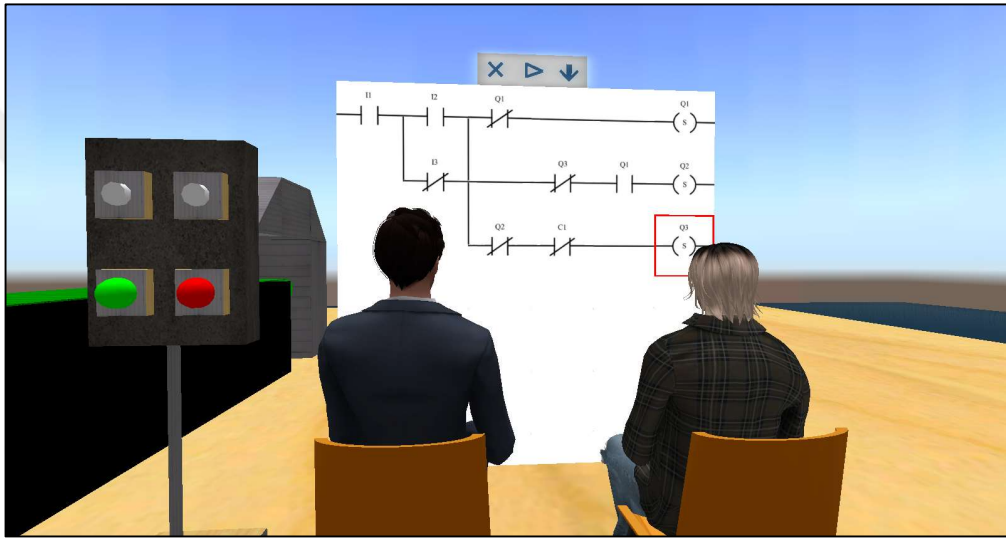
Bu programın simülasyon moduna geçildiğinde giriş tarama, program tarama ve güncelleme işlemleri için ihtiyaç duyulan süreler ölçülmüş ve bir grafik halinde Şekil 4.25’de verilmiştir. Bu programın simülasyonunun bir döngüsü toplam 66,40 ms sürdüğü gözlemlenmiştir. Bu sürenin yaklaşık % 0,15’lik kısmı girişleri taramak için, %66,43’lük kısmı program tarama işlemleri için ve %33,42’lik kısmı güncelleme işlemlerini tamamlamak için harcadığı belirlenmiştir.



Şekil 4.25. SLPLC 2. test sonuçları

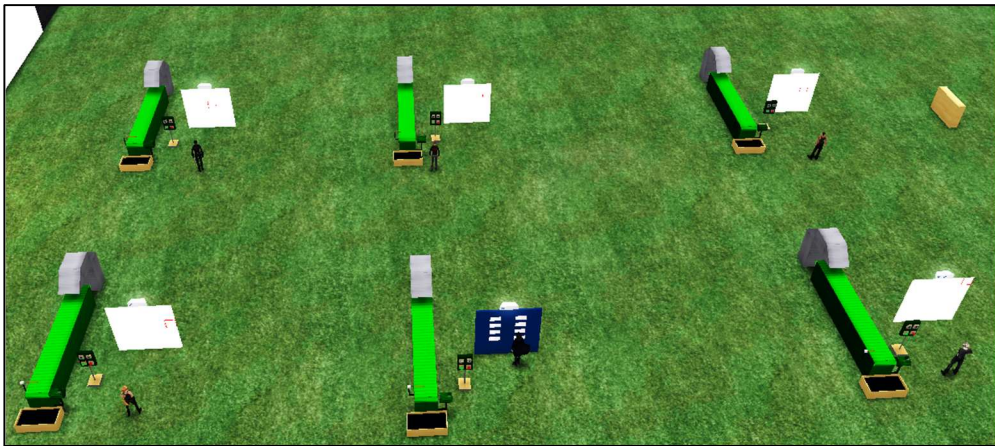
4.1.4. 3D sanal dünyada PLC sisteminin değerlendirilmesi

SL’de elektrik, elektrik-elektronik, mekatronik, otomasyon gibi alanlarda, mesleki liseler, teknik yüksekokullar ve mühendislik bölümlerinde yetiştirilen öğrenciler ve söz konusu alanlarda faaliyet gösteren işyerleri için PLC eğitimi ve program tasarımı ihtiyacını karşılayabilecek bir SLPLC sistemi tasarlanmıştır. Bu sistem kullanılarak Şekil 4.26’da görüldüğü gibi PLC alanında eğitim almak ve program tasarımı yapmak isteyen öğrenciler veya çalışanlar sisteme girerek beraberce bir PLC program tasarımını, simülasyonunu ve sanal gerçekleştirme olayını yapabilmektedirler.



Şekil 4.26. SLPLC işbirlikçi öğrenme

Şekil 4.27’de görüldüğü üzere SL üzerinde tasarlanan bu sistemden istenildiği kadar yerleştirilebilmekte ve bu sistemi kullanacak kişilerin hizmetine aynı anda sunulabilmektedir.



Şekil 4.27. SLPLC toplu öğrenme

Kullanıcılar, internet ve SL'nin olduğu bilgisayarlardan ulaşabildiklerinden dünyanın her yerinden, istediği zamanda bu sisteme giriş yapabilmekte ve kullanabilmektedir. Böylece geleneksel eğitim anlayışının gerektirdiği fiziksel ihtiyaçlar en az düzeye indirilmektedir.

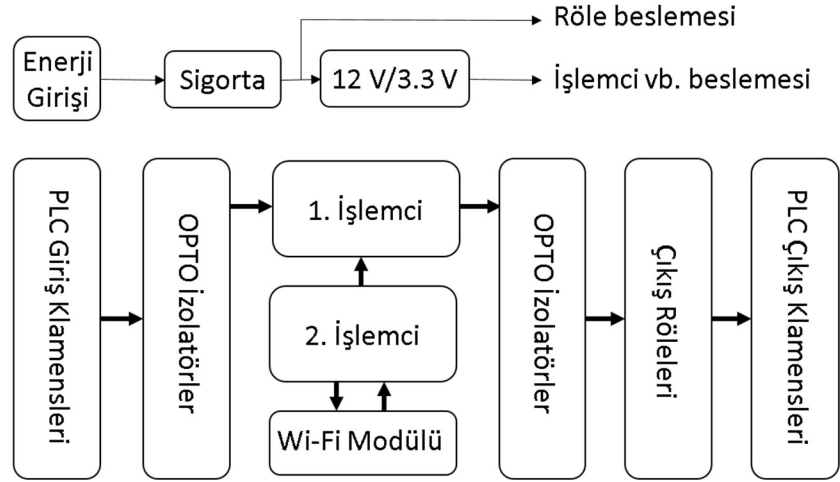
Tasarlanan bu sistem için kurulan iki adet test sonucuna baktığımızda SLPLC'nin simülasyonu için gerekli en az döngü süresinin 66,40 ms olduğu ölçülmüştür. Bu değer gerçek dünyadaki PLC'lerin döngü süresi ile karşılaştırıldığında çok büyük bir değer olduğu görülmektedir. SL dünyasında belirli bir simülatör içerisinde avatar sayısı, aktif nesne ve aktif komut dosyası sayısı, sunucu ve istemci tarafında meydana gelen gecikmeler bu simülasyon döngü süresine etki etmektedir. Bununla birlikte bu döngünün yaklaşık olarak saniyede 15 defa tekrarlanması, tasarlanan PLC programlarının ve simülasyonlarının nasıl çalıştığını görmek için yeterli gözükmektedir.

4.2. Gerçek Dünyada PLC Sistemi

4.2.1. Gerçek dünyada PLC sisteminin tasarımı

Gerçek dünyada çalışan kablosuz bir PLC tasarımı ve gerçekleştirilmesi yapılmıştır. Gerçek dünyada tasarlanmış ve gerçekleştirilmiş PLC için için optokuplörler, diyotlar, dirençler, röleler, kablosuz modül ve mikrodenetleyiciler kullanılmıştır. PLC programını çalıştıran mikrodenetleyici ve internet sunucusu ile PLC arasındaki bağlantı ve veri transferinden sorumlu mikrodenetleyici programı, Microchip firmasının C tabanlı programlama dili kullanılarak oluşturulmuştur.

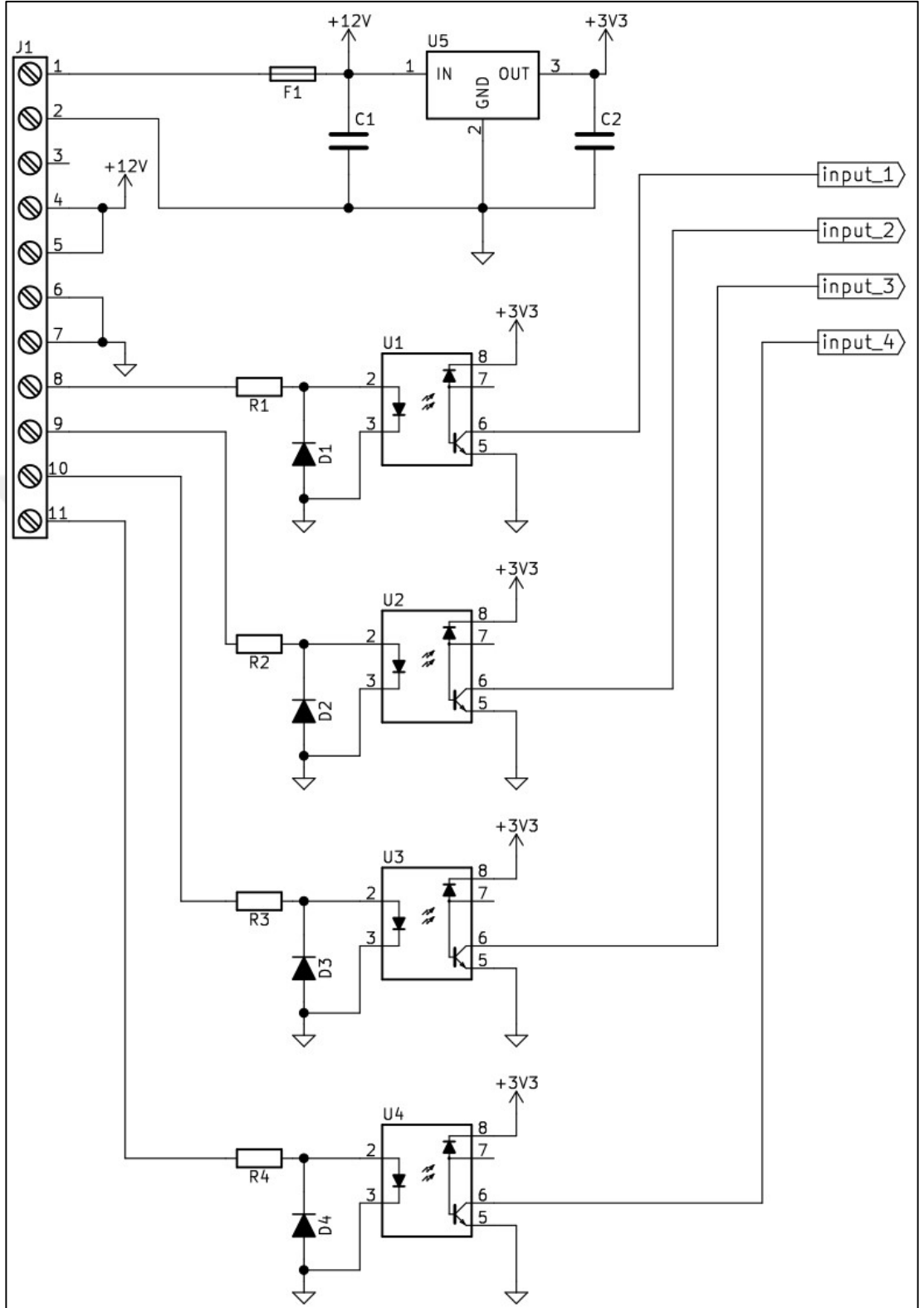
Şekil 4.28'de gerçek dünyada tasarlanan PLC (RLPLC) şeması görülmektedir. PLC çıkış röleleri için 12 V ve diğer elektronik donanımların çalışması için gerekli 3.3 V besleme gerilimleri için iki uçlu enerji giriş klemensi kullanılmıştır. Kısa devre ve/veya aşırı yüklenme durumunda devreyi korumak için 1 A sigorta kullanılmıştır.



Şekil 4.28. RLPLC şeması

Bu tasarımda 4 adet 12 VDC ile etkinleşen ve optokuplörler ile yalıtılmış ve 1. işlemcinin giriş portlarına uygun gerilime dönüştürülmüş PLC girişleri bulunmaktadır. 2. işlemci ve Wi-Fi modülü sanal dünyadaki PLC ile iletişim için kullanıldığından bu donanımlardan Bölüm 4.3’de bahsedilmektedir. 1. işlemci, giriş portlarından okuduğu girişleri ve içerisindeki PLC yazılımını kullanarak çıkış sinyalleri üretmektedir. 4 adet çıkış, optokuplörler ile yalıtılıp rölelerin çalışma gerilimlerine yükseltilerek PLC çıkış klamenslerine aktarılmaktadır.

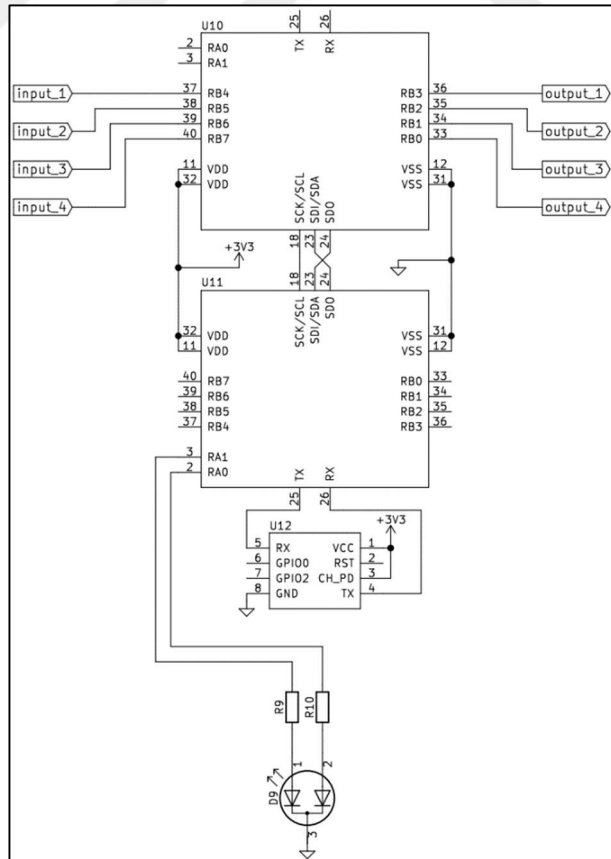
Şekil 4.29’da tasarlanan RLPLC’nin giriş katına ait devre şeması görülmektedir. Giriş tarafında J1 adında 11 adet klamens bulunmakta olup 1 ve 2 no’lu klamensler RLPLC’nin enerji 12 VDC besleme bağlantısı olarak kullanılmaktadır. 4 ve 5 No’lu klamensler istenildiğinde kullanılmak üzere 12 VDC, 6 ve 7 no’lu klamensler ise şase bağlantılarını oluşturmaktadır. 8-11 no’lu klamensler ise RLPLC giriş bağlantılarını oluşturmaktadır. Bu girişler 12 VDC ile enerjilenmektedir. R1-R4 dirençleri ile giriş akımları sınırlandırılmakta ve D1-D4 diyotları ile ters bağlantı hatalarında U1-U4 optokuplörleri korumaktadır.



Şekil 4.29. RLPLC devresi 1. kısım

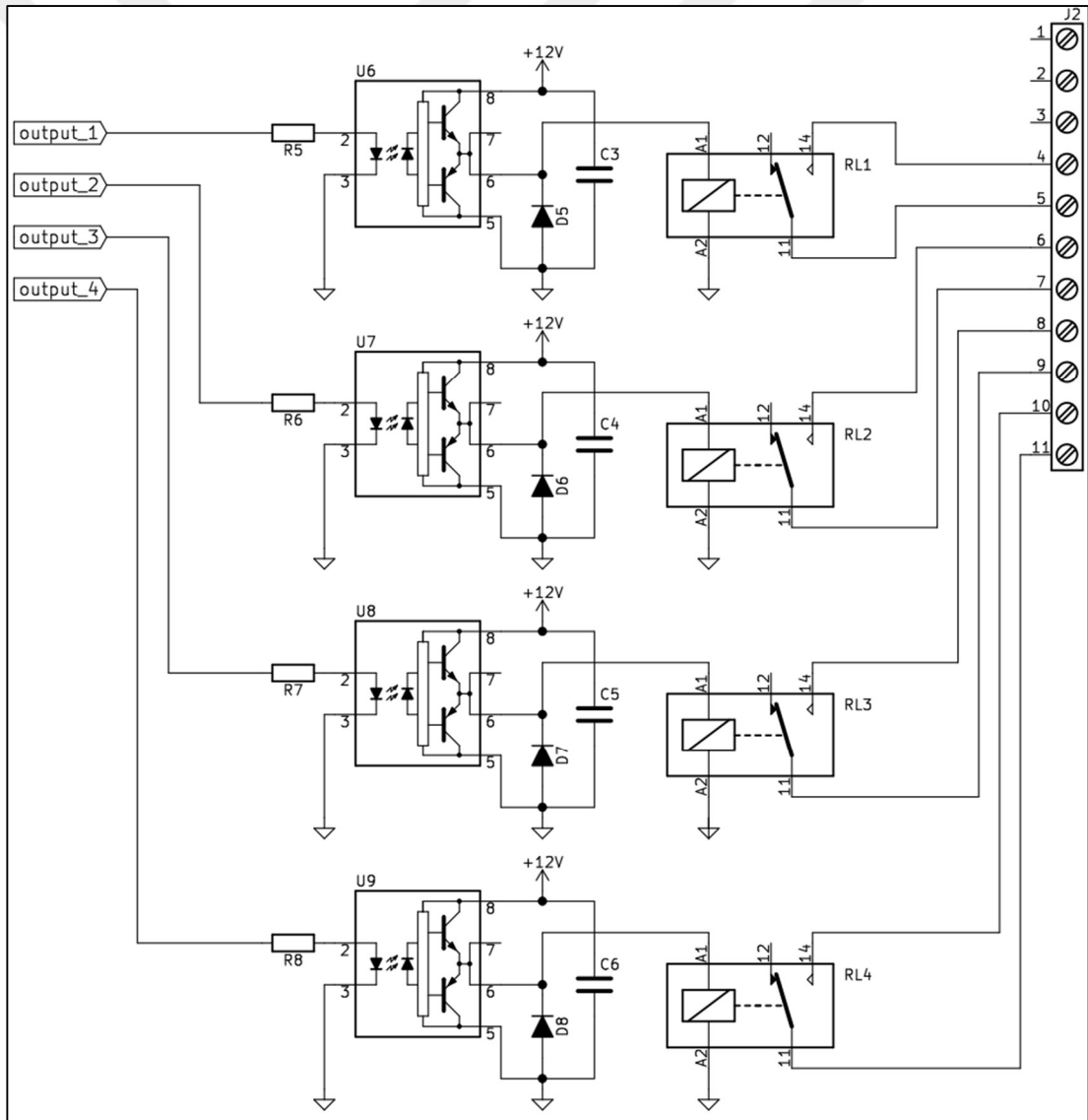
Şekil 4.30’da mikrodenetleyicili kontrol katının devresi görülmektedir. U10 adında 1. işlemci U11 adında 2. işlemci U12 adında kablosuz internet bağlantısını sağlayacak modül ve D9 adında tek bir kılıf içerisinde konuşturılmış kırmızı ve yeşil led diyottan

oluşmaktadır. C derleyicisi için optimize edilmiş mimari yapısı, içerisinde hassas osilatör bloğu barındırması, 1.8-3.6 V arasında çalışabilmesi gibi özellikleri incelendiğinde, 1. ve 2. işlemci olarak Microchip firmasının ürettiği PIC18F46K20 mikrodenetleyicisi [96] kullanılmıştır. Her iki işlemcinin kodları MPLAB [97] programı üzerinde çalışan XC8 [98] adında bir C derleyicisi ile hazırlanmıştır. RLPLC sisteminin giriş katından gelen 4 adet giriş uçları 1. işlemciye bağlanmıştır. RB4-RB7 arası uçlar yazılımsal olarak pull-up adıyla tabir edilen dirençler aktif hale getirilerek giriş uçlarından gelen akımlardan ziyade gerilim değerinin lojik 1 yani 12 VDC veya lojik 0 yani 0 VDC olarak okunmasını sağlamıştır. 1. ve 2. işlemcilerin SPI haberleşme protokolleri yazılımsal olarak aktif hale getirilip 18, 23 ve 24 no'lu uçlarının bağlantıları yapılarak bu iki işlemcinin kendi aralarında haberleşmesi sağlanmıştır. 2. işlemci ile kablosuz internet modülü arasındaki iletişim ise seri haberleşme protokolü olarak bilinen RX-TX bağlantıları ile sağlanmıştır. 2. işlemci ile led diyot kontrolleri, RA0 ve RA1 uç bağlantıları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 1. işlemcinin RB0-RB3 arası bağlantı uçları ise RLPLC sisteminin çıkış katına gönderilmiştir.



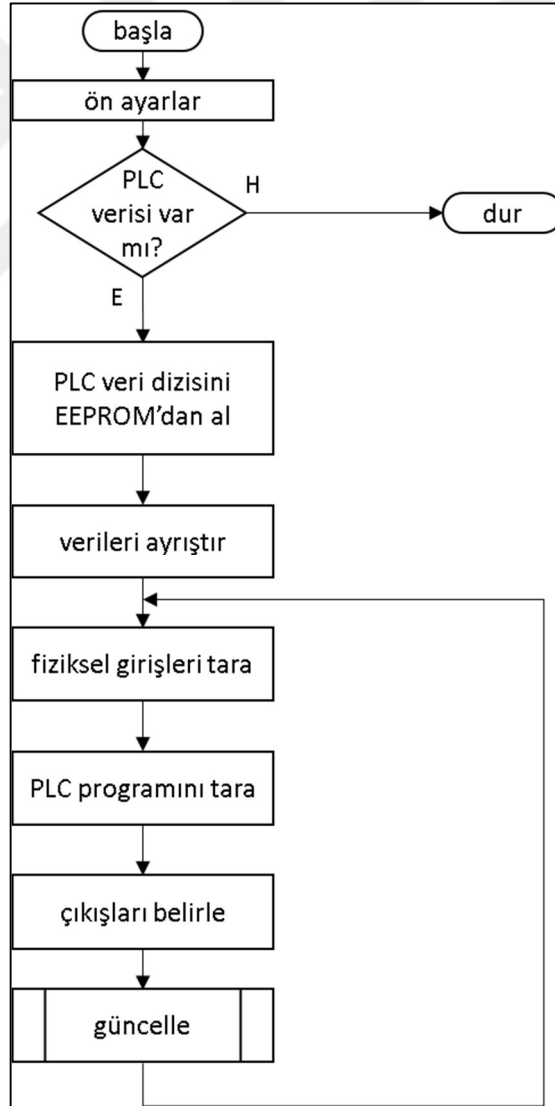
Şekil 4.30. RLPLC devresi 2. kısım

Şekil 4.31’de RLPLC sisteminin çıkış katı görülmektedir. 1. işlemcinin çıkış uçlarındaki gerilim seviyesi 3.3 VDC olup bu çıkışlar R5-R8 arası dirençlerden geçirilip akım sınırlaması yapıldıktan sonra U6-U9 çıkış optokuplörlerinin giriş uçlarına bağlanmaktadır. Bu optokuplörlerin 6 no’lu çıkış uçları ise 12 VDC ile çalışan röleleri beslemektedir. Kısacası optokuplörler burada hem 3.3 VDC seviyesini 12 VDC seviyesine çekmekte hem de optiksel olarak mikroişlemci ile güç devresini birbirinden yalıtılmaktadır. Çıkış tarafında J2 adında 11 adet klemens bulunmakta olup 1-3 arası klemensler rezerve durumda olup ileride yapılması düşünülen yükseltmeler veya düzenlemeler için boş bırakılmıştır. 4-11 arası klemens bağlantıları ile RLPLC çıkışları kullanılabilir.



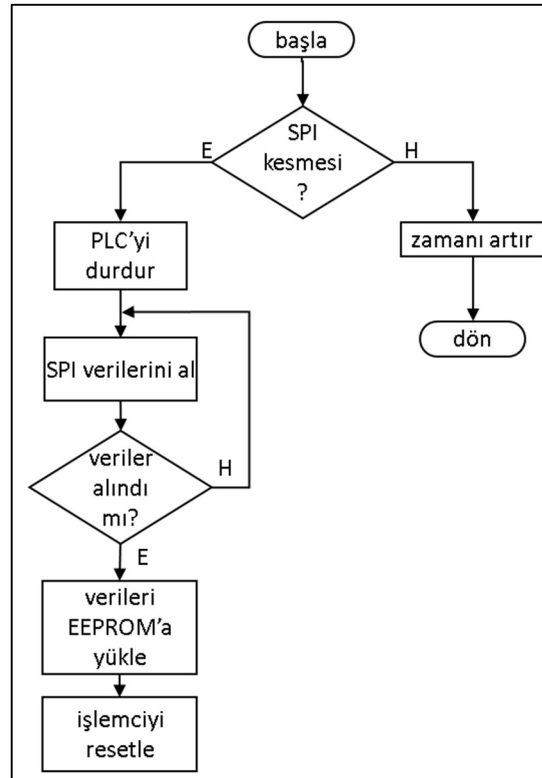
Şekil 4.31. RLPLC devresi 3. kısım

Şekil 4.32’de 1. işlemciye ait iş akış diyagramı görülmektedir. SPI haberleşme protokolünün aktif hale getirilmesi, pull-up dirençlerinin aktif hale getirilmesi, değişken ve sabit tanımlamaları gibi yazılımsal işlemler, ön ayarlar basamağında gerçekleştirilmiştir. Bu işlemciye ait EEPROM hafıza birimi okunmakta ve içerisinde Bölüm 4.3’de açıklanmış olan 2. işlemci yardımıyla yerleştirilen PLC program verisinin olup olmadığı denetlenmektedir. Veriler işlemcinin işleyeceği düzeyde ayrıştırılarak PLC döngü yazılımına gönderilmektedir. Bu program tasarımı SLPLC’nin döngü sistemi ile aynı mantıkta çalışmaktadır. RLPLC girişleri tarandıktan sonra PLC programı taranmakta ve bobin hücrelerinin durumu belirlenmektedir. Yine SLPLC sistemindeki gibi güncelleme alt programı ile kontak ve bobin hücreleri güncellenmekte ve uygun çıkışlar RLPLC sisteminden alınmaktadır.



Şekil 4.32. 1. işlemci iş akış diyagramı

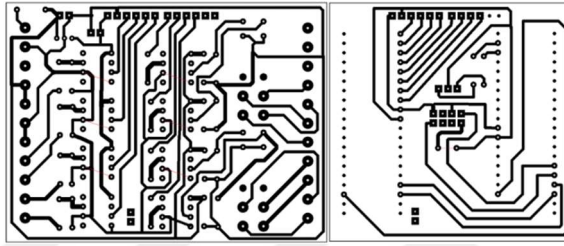
Şekil 4.33’de 1. işlemciye ait kesme alt programının iş akış diyagramı görülmektedir. Kesme işlemi aktif hale getirildiğinde yazılımsal ve/veya donanımsal bir takım hadiseler gerçekleştiğinde işlemci tarafından yapılan iş bırakılmakta ve kesme alt programı çalıştırılmaktadır. Bu tasarlanan yazılım ile birlikte 2. işlemciden herhangi bir SPI verisi geldiğinde veya işlemci içerisindeki zamanlayıcı istenilen değere ulaştığında RLPLC döngü yazılımını dondurularak kesme alt programına geçilmektedir. Kesme alt programında öncelikle kesme kaynağının nereden geldiği yazılımsal olarak sorgulanmaktadır. Eğer zaman aşımından kaynaklanan bir kesme ise işlemci içerisinde tutulan çalışma saniye değeri bir artırılıp tekrar RLPLC döngü yazılımına geçilmektedir. Eğer kesmenin kaynağı SPI haberleşmesi ise bu yeni bir PLC programının sanal dünyadan gerçek dünyaya geldiği anlamı taşımakta olduğundan bu SPI verileri alınarak 1. işlemcinin EEPROM hafıza birimine yerleştirilmekte ve işlemci yazılımsal olarak resetlenmektedir. Resetleme işleminden sonra Şekil 4.32’de görülen akış diyagramı baştan tekrar aktif hale getirilmekte ve güncellenen PLC programını çalıştırmaya başlamaktadır. EEPROM kalıcı hafıza kullanılarak herhangi bir elektrik enerjisinin kesilmesi durumunda PLC verilerinin kaybolmasını engelleme işlemi başarıyla gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4.33. Kesme iş akış diyagramı

4.2.2. Gerçek dünyada PLC sisteminin gerçeklenmesi

Şekil 4.34’de görüldüğü üzere RLPLC sisteminin enerji besleme katı, giriş ve çıkış klamensleri, optokuplörler, röleler ve bunların istenilen Şekilde çalışabilmesi için gerekli olan diğer devre elemanlarının yer aldığı 1. kat baskı devresi ve mikrodenetleyiciler, kablosuz internet modülü, led diyot ve bunların çalışabilmesi için gerekli devre elemanlarının yer aldığı 2. kat baskı devresi görülmektedir. bulunmaktadı. Bu kat tek yüzlü bakır plakete üzerine yerleŐtirildiđinden bazı yerlerde Şekilde görüldüğü gibi kırmızı çizgiler ile kprlemeler yapılmıştır.



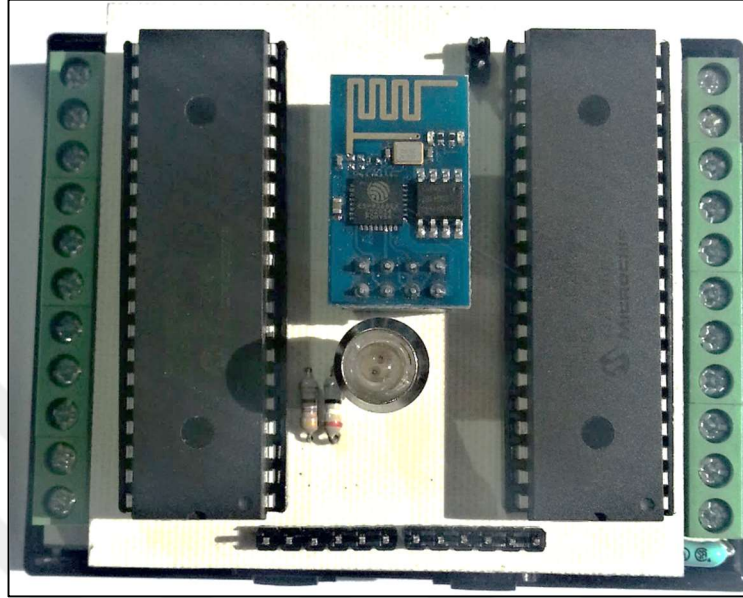
Şekil 4.34. RLPLC baskı devresini

Şekil 4.35’de görüldüğü üzere 1. katın baskı devresi bakır plakete işlendikten sonra devre elemanlarının lehimleme işlemleri tamamlanmıştır. Röleler iklet tipinde seçilmiş ve böylece RLPLC devresinin en az olacak Şekilde yer kaplaması sağlanmıştır.



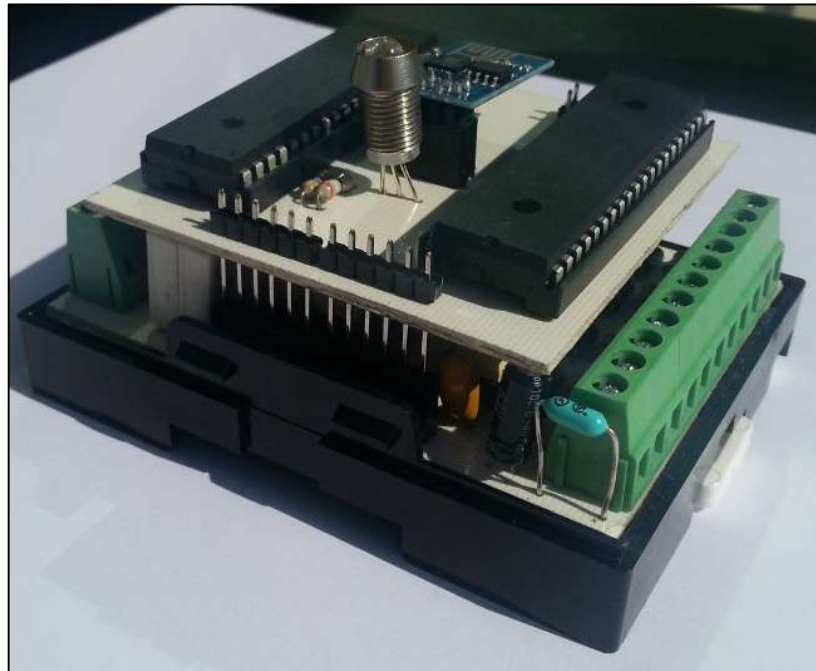
Şekil 4.35. RLPLC devresinin ilk katı

Şekil 4.36’da görüldüğü üzere 2. katın baskı devresi bakır plakete işlendikten sonra devre elemanlarının lehimleme işlemleri tamamlanmıştır. Ayrıca kırmızı ve yeşil ışık verebilen 3 bacağı sahip led diyot paketi kullanılmıştır.



Şekil 4.36. RLPLC devresinin ikinci katı

Şekil 4.37’de görüldüğü üzere RLPLC sisteminin tüm devre elemanları bir araya getirilmiştir. Kablosuz internet modülü 2. kat üzerinden daha da yukarıya yerleştirilerek veri transfer gücünün zayıflamasının azaltılması sağlanmıştır.



Şekil 4.37. RLPLC devresi

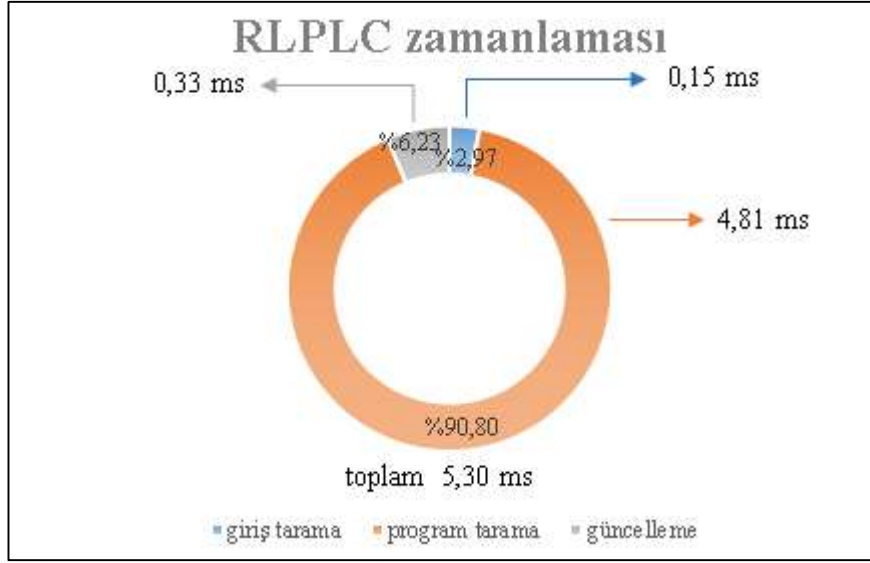
Şekil 4.38’da görüldüğü üzere RLPLC sistemi bir kutu içerisine alınarak cihaz haline getirilmiştir. RLPLC cihazlarının üzerine kullanım kolaylığı açısından buton, anahtar ve ekran gibi donanımlar yerleştirilmemiştir. Her RLPLC cihazı eşsiz bir isim ile üretilmekte ve bu isim cihazın üzerinde yer almaktadır.



Şekil 4.38. RLPLC cihazı

4.2.3. Gerçek dünyada PLC sisteminin testleri

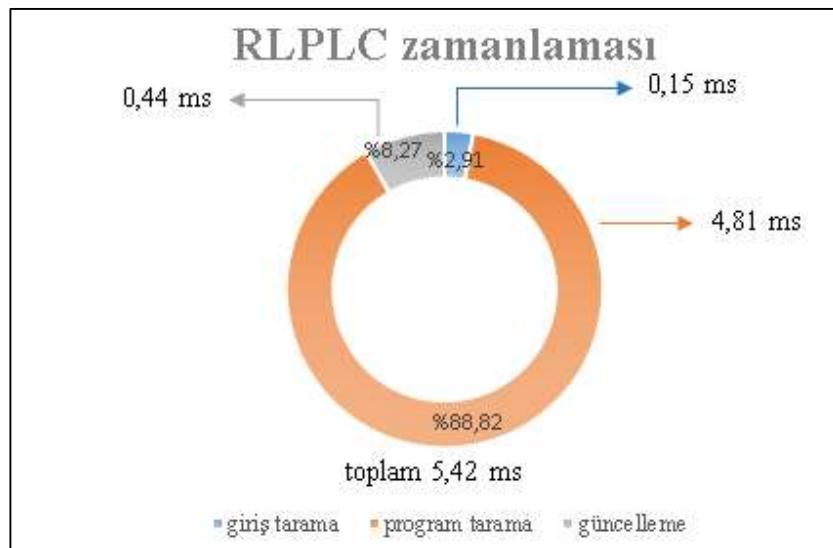
RLPLC sisteminin için ihtiyaç duyulan zamanı tespit edebilmek amacıyla Şekil 4.22’de görülen birinci test programı oluşturulmuştur. Bu programa göre I1 girişinin NO kontağı kapandığında Q1 çıkışının klasik bobini enerjilenmekte ve NO olan çıkış kontaktları NC olmaktadır.



Şekil 4.39. RLPLC 1. test sonuçları

Bu program için giriş tarama, program tarama ve güncelleme işlemleri için ihtiyaç duyulan süreler ölçülmüş ve bir grafik halinde Şekil 4.39’da verilmiştir. Bu programın bir döngüsünün toplam 5,30 ms sürdüğü gözlemlenmiştir. Bu sürenin yaklaşık %2,97’lik kısmı girişleri taramak için, %90,80’lik kısmı program tarama işlemleri için ve %6,23’lük kısmı güncelleme işlemlerini tamamlamak için harcadığı belirlenmiştir.

Şekil 4.24’de görülen ve ilk test programına göre daha karmaşık bir yapıya sahip ikinci test programı oluşturulmuştur. 7 adet kontak, ara bağlantılar ve 3 adet çıkış bobini kullanılmıştır.



Şekil 4.40. RLPLC 2. test sonuçları

Bu program için giriş tarama, program tarama ve güncelleme işlemleri için ihtiyaç duyulan süreler ölçülmüş ve bir grafik halinde Şekil 4.40’da verilmiştir. Bu programın bir döngüsünün toplam 5,42 ms sürdüğü gözlemlenmiştir. Bu sürenin yaklaşık %2,91’lik kısmı girişleri taramak için, %88,82’lik kısmı program tarama işlemleri için ve %8,27’lik kısmı güncelleme işlemlerini tamamlamak için harcadığı belirlenmiştir.

4.2.4. Gerçek dünyada PLC sisteminin değerlendirilmesi

Gerçek dünyada elektrik, elektrik-elektronik, mekatronik, otomasyon gibi alanlarda, mesleki liseler, teknik yüksekokullar ve mühendislik bölümlerinde yetiştirilen öğrenciler ve söz konusu alanlarda faaliyet gösteren işyerleri için PLC eğitimi ve program tasarımı ihtiyacını karşılayabilecek üç boyutlu sanal dünya entegreli bir temel RLPLC sistemi tasarlanmıştır.

Tasarlanan bu sistem için kurulan iki adet test sonucuna baktığımızda RLPLC’nin simülasyonu için gerekli en az döngü süresinin ortalama 5,36 ms olduğu ölçülmüştür. Bu değer tasarlanan SLPLC sisteminin döngü süresi ile karşılaştırıldığında yaklaşık 12 kat daha hızlı çalıştığı belirlenmiştir. RLPLC de bu döngünün yaklaşık olarak saniyede 188 defa tekrarlanması anlamına gelmektedir. Bu değer, komut işleme hızı daha yüksek fakat daha maliyetli olan mikrodenetleyiciler ile daha da artırılacağı anlaşılmaktadır.

4.3. Sanal ve Gerçek Dünya PLC Entegrasyonu

4.3.1. Sistemlerin entegrasyonu

MySQL [99] programı kullanılarak “plc_database” adında bir veri tabanı oluşturulmuştur. Bu veri tabanının içerisinde owners (sahipler) ve PLC isimli iki adet tablo oluşturulmuştur. Şekil 4.41’de sahipler tablosunun içeriği görülmektedir. SL üzerinde tüm avatarlar UUID denilen benzersiz bir koda sahiptir. RLPLC ve SLPLC sistemlerinin ana yöneticisi tarafından RLPLC cihazları istenilen avatara atanmaktadır. At, kartal, balina ve kedi isimli RLPLC cihazları belirtilen UUID koduna sahip avatara atanmıştır. Böylece bu cihazlara SL üzerinden erişim, sadece ataması yapılan avatar veya avatarlar tarafından sağlanmaktadır.

					id	uuid	isim
<input type="checkbox"/>					1	b9dd0e16-3c95-415e-b7ab-adb6464eee8c	at
<input type="checkbox"/>					2	b9dd0e16-3c95-415e-b7ab-adb6464eee8c	kartal
<input type="checkbox"/>					3	b9dd0e16-3c95-415e-b7ab-adb6464eee8c	balina
<input type="checkbox"/>					4	b9dd0e16-3c95-415e-b7ab-adb6464eee8c	keci

Şekil 4.41. Sahipler tablosunun ekran görüntüsü

Şekil 4.42’de “plc_database” adlı veri tabanı içerisinde oluşturulan PLC tablosunun ekran görüntüsü görülmektedir. Burada, üretilen ve sahibine ataması yapılan RLPLC cihazlarının adları, p, s ve data değişkenleri yer almaktadır. Herhangi bir RLPLC cihazı aktif olduğunda, bir internet sunucusu yardımıyla bu veri tabanına bağlanılmakta ve aktif olan RLPLC cihazının ismiyle eşleşen satırdaki p değişkeni 1 değerini almaktadır. Bu tabloya göre kartal isimli RLPLC aktif durumda olmaktadır. SLPLC tarafı da aktif olduğunda, aynı internet sunucusu yardımıyla bu veri tabanına bağlanılmakta ve aktif olan RLPLC cihazının ismiyle eşleşen satırdaki s değişkeni 1 değerini almaktadır. p ve s değişkenlerinin beraberce 1 olması durumu, sunucu tarafından kontrol edilmekte ve bu şart sağlanırsa SLPLC verileri bu tablodaki data değişkenine aktarılmakta ve RLPLC cihazına gönderilebilmektedir.

					id	isim	p	s	data
<input type="checkbox"/>					1	at	0	0	0
<input type="checkbox"/>					2	kartal	1	0	0
<input type="checkbox"/>					3	balina	0	0	0
<input type="checkbox"/>					4	keci	0	0	0
<input type="checkbox"/>					5	timsah	0	0	0

Şekil 4.42. PLC tablosunun ekran görüntüsü

Bu data değişkenine gönderilen PLC veri paketi, Tablo 4.2’de görüldüğü üzere 141 bayttan oluşmaktadır. 0. ve 140. baytlar PLC verisinin tanıtıcı baytları, 1-61 arası baytlar PLC panel üzerindeki hücre kodu denilen hücrenin adı, 62-122 arası baytlar bu hücrelerdeki değerleri, 123-128 arası baytlar bobin kod numarası, 129-134 arası baytlar bobin değerleri ve 135-139 arası baytlar 5 adet değişkeni barındırmaktadır. Hücre kodları ve değerleri Tablo 4.1’deki tanımlamalarda verilmiştir.

Tablo 4.2. PLC veri paketi

baytlar	0	1 – 61	62 - 122	123 - 128	129 - 134	135 - 139	140
tanımlar	tanıtıcı	hücre kod	hücre değer	bobin kod	bobin değer	değişkenler	tanıtıcı

Şekil 4.43’de örnek bir PLC programı ve o programa ait PLC veri paketi görülmektedir. 1. hücrede I2 girişi olduğundan 1. bayt 2 değerini almaktadır. Bu hücrede NO kontağı bulunduğundan paket içerisindeki 62. bayt 0 değerini almaktadır. 12., 34. ve 45. baytlar o hücrelerde yatay çizgi olduğundan 16 değerini almaktadır. Yatay çizginin değeri olan 1 sayısı ise 73., 84., 95. ve 106. baytlara atanmıştır. 1. satırın bobin hücrelerinde Q4 çıkışı olduğundan 123. bayt 8 değerini almaktadır. Q4 çıkışının klasik röle bobini kullanıldığından 129. bayt ise 6 değerini almaktadır. Paket içerisindeki diğer tüm değişkenler ise 0 değerini almaktadır.

bayt	0.	1.	12.	23.	34.	45.	73.	84.	95.	106.	123.	129.	140
değer	!	2	16	16	16	16	1	1	1	1	8	6	!

Şekil 4.43. Örnek PLC veri paketi

Şekil 4.6’da görülen SLPLC programlama paneli üzerinde bulunan sağ taraftaki indir sembollü butonun içerisinde bulunan kodların bir parçası Şekil 4.44’de gösterilmektedir. Bu buton tıklandığında öncelikle PLC veri paketi oluşturulmaktadır. 135., 136. ve 137. baytlar zamanlayıcıların değerinin kaçar saniyeye ayarlandıklarını tutmaktadır. 138. ve 139. baytlar ise sayıcıların hangi sayıya ayarlandıklarını tutmaktadır. Tüm verinin başlangıcına ve bitişine ‘!’ işareti konularak paket tamamlanmıştır. Bu işlemlerden sonra 167. satırda görüldüğü gibi söz konusu sembole tıklayarak avatarın UUID kodu “id” değişkenine alınmış ve 168. satırdaki kod ile ikinci duruma geçilmiştir.

```

153     data=[];
154     data = llListInsertList(data, ad, 0);
155     data = llListInsertList(data, ilk_deger, 61);
156     data = llListInsertList(data, o_ad, 123);
157     data = llListInsertList(data, o_deger, 129);
158     data = llDeleteSubList( data, 135, 139 );
159     data= data + [t1];
160     data= data + [t2];
161     data= data + [t3];
162     data= data + [c1];
163     data= data + [c2];
164     veri="!";
165     veri="!" + llDumpList2String(data, ",")+"!";
166
167     id = llDetectedKey(0);
168     state two;

```

Şekil 4.44. İndirme butonunun tıklama kod parçası

İkinci duruma geçildiğinde Şekil 4.45’deki kod parçası çalışmaya başlamaktadır. 188. kod satırı çalışarak söz konusu butonu tıklayan avatar ile işlem yapılan SLPLC’ye sahip avatarın aynı kişi olup olmadığı test edilmektedir. Eğer bu avatarlar aynı kişi ise 189. ve 190. satırda belirtildiği gibi umhhms.com/data.php internet sunucu sayfasına iki adet parametre gönderilmektedir. Birinci parametrede 1 değeri ve ikinci parametrede avatarın benzersiz UUID kodu gönderilmektedir. Eğer bu avatarlar aynı kişi değil ise tıklama işlemini yapan avatarın ekranına, 193. satırda görüldüğü gibi izinsiz giriş hakkında bilgi verilmekte ve 194. satırdaki kod ile tekrar birinci duruma geçilmektedir.

```
185 state two
186 {
187     state_entry(){
188         if( (string)llGetOwnerKey(llGetOwner()) == (string)id ) {
189             requestid = llHTTPRequest("http://umhhms.com/data.php?parameter1=1&parameter2=" +
190                 (string)id + "", [], "");
191         }
192         else {
193             open_menu(id, "\n\nMaalesef izniniz yok!" , ["Tamam"]);
194             state default;
195         }
196     }
197
198     listen(integer channel, string name, key id, string message) {
199         if(channel != dialogChannel)
200             return;
201
202         if(message != "Tamam") {
203             requestid2 = llHTTPRequest("http://umhhms.com/data.php?parameter1=2&parameter2=" +
204                 message + "&parameter3=" + veri + "" , [], "");
205         }
206     }
}
```

Şekil 4.45. İndirme butonunun veri gönderme kod parçası

Şekil 4.46’da görüldüğü üzere sunucu sayfası içerisindeki PHP [100] programlama dili ile yazılmış 1. kod parçası görülmektedir. 62. satırda 1. parametre değeri kontrol edilerek verinin SLPLC’den geldiği anlaşılmaktadır. 65. ve 66. satırlar kullanılarak MySQL sorgusu oluşturulmuş ve gönderilen UUID kodu ile eşleşen RLPLC isimleri veri tabanından istenmiştir. Eğer avatar birden çok RLPLC cihazına sahipse bunların isimleri ‘,’ ile birleştirilerek bir cevap oluşturulmuş ve istemci olan SL’ye bu veriler aktarılmıştır.

```

62 if ($parameter1 ==1) // sl'den Kullanıcıya ait plc'lerin listesi sl'ye gönderilir.
63 {
64
65 $sorgu = "Select isim From owners Where uuid="" . $parameter2. "" ;
66 $sonuc = mysqli_query($con,$sorgu);
67
68 printf("%d,", $sonuc->num_rows);
69
70 $a;
71
72 while ($row = mysqli_fetch_row($sonuc)) {
73     $a= $a. $row[0]. "," ;
74 }
75
76 echo $a;
77
78 mysqli_close($con);
79 }

```

Şekil 4.46. Sunucu sayfasının 1. kod parçası

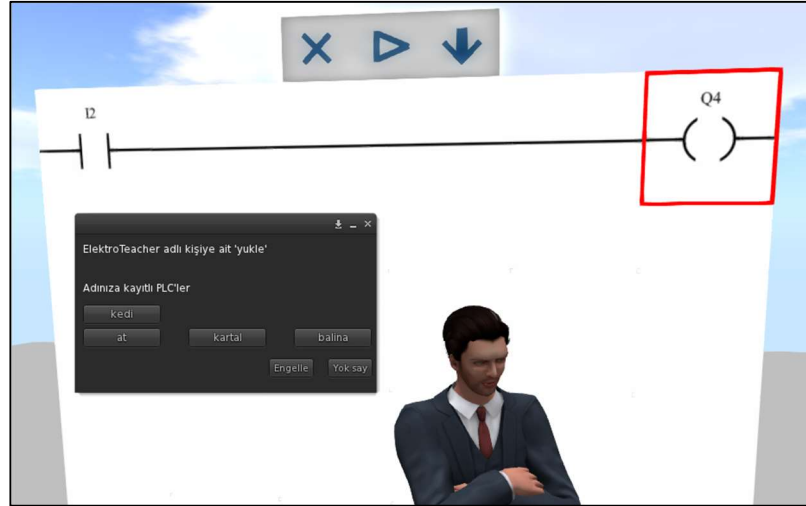
Aktarılan bu veriler tarafından, Şekil 4.47’de görüldüğü üzere indir butonunun ikinci durumunda yer alan “http_response” olayı tetiklenmekte ve gelen verinin içeriği 223. satırda yazılan kod ile plc değişkenine aktarılmaktadır. Bu değişkenin değeri 1’den küçük ise söz konusu avatarın herhangi bir RLPLC cihazına sahip olmadığı bilgisi ekrana basılmaktadır. plc değişkeni 1’den küçük değilse sunucu tarafından gelen ve avatara ait RLPLC isimleri 230.-233. satırlarda bulunan kodlar kullanılarak Şekil 4.48’de görüldüğü üzere ekrana basılmaktadır.

```

219 http_response(key request_id, integer status, list metadata, string body) {
220     gelen=body;
221
222     if (request_id == requestid) {
223         plc=(integer)llList2String(llParseString2List(gelen,[","],[,],).0);
224         if(plc<1) {
225             close_menu();
226             open_menu(id, "\n\nMaalesef adınıza kayıtlı bir PLC bulunamadı!" , ["Tamam"]);
227             state default;
228             return;
229         }
230         m0=[];
231         for(i=0;i<plc;i++) { m0=m0+[ llList2String(llParseString2List(gelen,[","],[,],).i+1) ];}
232         close_menu();
233         open_menu(id, "\n\nAdınıza kayıtlı PLC'ler" , m0);
234     }
235
236     if (request_id == requestid2) {
237         if((integer)gelen==0) {
238             close_menu();
239             open_menu(id, "\n\nSeçtiğiniz PLC'ye bağlanılamıyor!" , ["Tamam"]);
240         }
241         else {
242             close_menu();
243             open_menu(id, "\n\nVeriler PLC'ye gönderildi." , ["Tamam"]);
244         }
245         state default;
246     }
247 } // http response son

```

Şekil 4.47. İndirme butonu “http_response” kod parçası



Şekil 4.48. Avatara ait RLPLC cihazlarının isimleri

Avatar, tasarladığı, simüle ettiği ve sanal gerçekleştirme yaptığı PLC programını, kendisine ait herhangi bir RLPLC cihazının adını seçerek aktarabilmektedir. Avatar, tasarladığı programı aktarmak istediği RLPLC cihazının ismini seçtiğinde Şekil 4.45’de görülen “Listen” olayı içerisinde seçilen cihaz ismi de eklenerek sunucu sayfasına, 203. ve 204. satırlarda bulunan kodlar ile yeni bir istek gönderilmektedir. Bu ikinci istek içerisinde birinci parametrenin değeri 2, ikinci parametrenin içeriği seçilen RLPLC cihazının ismini ve üçüncü parametre ise SLPLC programının veri paketini içermektedir.

```

87 if ($parameter1 ==2) { // seçilen plc'nin aktif olup olmadığını kontrol eder.Sonucu sl ye yollar.
88 $sorgu = "Select p From plc Where isim=" . $parameter2. " " ;
89 $flag=0;
90 for ($test=0; $test <= 11; $test++) {
91     $sonuc = mysqli_query($con,$sorgu);
92     $row = mysqli_fetch_row($sonuc);
93
94     if($row[0]==1) // plc aktif mi? p==1?
95     {$flag=1;
96     break;}
97
98     $now = time();
99     while ($now + 1 > time()) {}
100     flush();
101     ob_flush();
102 }
103     if($flag==1) {
104         $sorgu = "Update plc Set data= " . $parameter3. " " Where isim=" . $parameter2. " " ;
105         $sonuc = mysqli_query($con,$sorgu);
106
107         $sorgu = "Update plc Set s=1 Where isim=" . $parameter2. " " ;
108         $sonuc = mysqli_query($con,$sorgu);
109
110         $now = time();
111         while ($now + 9 > time()) { }
112         flush();
113         ob_flush();
114
115         $sorgu = "Update plc Set s=0 Where isim=" . $parameter2. " " ;
116         $sonuc = mysqli_query($con,$sorgu);
117         echo "1";
118     }
119     mysqli_close($con);
120 }

```

Şekil 4.49. Sunucu sayfasının 2. kod parçası

Şekil 4.49’da görüldüğü üzere sunucu tarafındaki PHP kodunun 87. satırında birinci parametre değerinin 2 olup olmadığına bakılmaktadır. Eğer 2 değeri var ise bu isteğin SL tarafından gönderilen 2. istek olduğu anlaşılacaktır ve seçilen RLPLC cihazının veri tabanında bulunan ilgili satırındaki s değişkenine 1 değeri atanmakta ve ikinci parametre kullanılarak bu seçilen cihazın gerçek dünyada aktif olup olmadığı RLPLC tarafından gönderilen p değişkenine bakılarak sorgulanmaktadır. p değişkeni 1 değerini alırsa ve SL tarafında söz konusu RLPLC adı seçilirse, veri paketi, veri tabanındaki plc tablosunda yer alan ilgili satıra gönderilmektedir. p değişkeni 0 değerinde ise sunucu sayfasının cevabına istinaden Şekil 4.47’nin 239. satırında görüldüğü üzere, seçilen RLPLC cihazına bağlanılmadığını belirten bir mesajı avatarın ekranına getirmektedir. p değişkeni 1 değerinde ise sunucu sayfasının cevabına istinaden Şekil 4.47’nin 243. satırında görüldüğü üzere, seçilen RLPLC cihazına PLC verilerinin aktarıldığını belirten bir mesajı avatarın ekranına getirmektedir.

RLPLC tarafında ise 2. işlemci kullanılarak sunucu sayfasına periyodik olarak bağlanılmakta ve 2 adet parametre gönderilmektedir. Birinci parametreye 0 değeri atanmakta ve ikinci parametreye ilgili RLPLC cihazının adı atanmaktadır. Sunucu tarafına gelen bu istek Şekil 4.50’de görüldüğü üzere değerlendirilmektedir.

```

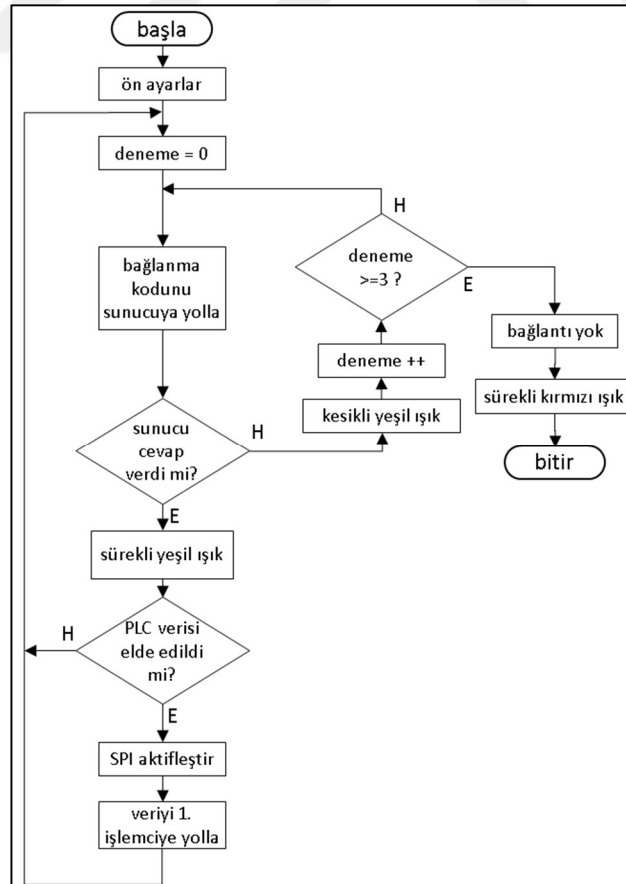
15 if ($parameter1 ==0) // plc'den
16 {
17 $sorgu = "Update plc Set p=1 Where isim="" . $parameter2. "" ";
18 $sonuc = mysqli_query($con,$sorgu);
19
20 $now = time(); // 4 saniye bekler
21 while ($now + 4 > time()) {}
22
23 $sorgu = "Select s From plc Where isim="" . $parameter2. "" ";
24 $sonuc = mysqli_query($con,$sorgu);
25 $row = mysqli_fetch_row($sonuc);
26
27 if ($row[0]==1) // sl istek yapıyorsa
28 {
29 $sorgu = "Select data From plc Where isim="" . $parameter2. "" ";
30 $sonuc = mysqli_query($con,$sorgu);
31 $row = mysqli_fetch_row($sonuc);
32 if(strlen($row[0])<10){
33 echo "0";
34 flush();
35 }
36 else{
37 echo $row[0];
38 flush();
39 }
40 }
41 else{
42 echo "0"; // sl istek yapmıyor. veri olarak 0 değerini yolla.
43 flush();
44 }
45
46 $sorgu = "Update plc Set p=0 Where isim="" . $parameter2. "" ";
47 $sonuc = mysqli_query($con,$sorgu);
48 mysqli_close($con);
49 exit();
50 }

```

Şekil 4.50. Sunucu sayfasının 3. kod parçası

Tüm RLPLC cihazları aktif iken sunucu sayfasına kendi adlarının bulunduğu plc tablosundaki p derğişkenine 1 değerini yollamaktadır. İnternet bağlantısının kesilmesi veya RLPLC tarafında meydana gelecek bir arızadan ötürü bu p değışkене 0 değeri atanmakta ve SLPLC tarafına, ilgili RLPLC cihazının pasif olduğu bilgisi gönderilmektedir.

2. işlemciye ait iş akış diyagramı, Şekil 4.51’de görölmektedir. SPI, seri haberleşme ve benzeri işlevlerin aktive edilmesi işlemi ön ayarlar olarak belirtilmektedir. RLPLC cihazına enerji verildiğinde 2. işlemci ve ona seri iletişim protokolü kullanılarak bağlanan kablosuz internet modülü sayesinde sunucu sayfasına bağlanılmaya çalışılmaktadır. Bu esnada yeşil led diyot kesikli olarak yanıp sönmekte ve kullanıcıya beklemesi gerektiğini bildirmektedir. Sunucu sayfasına bağlanmayı 3. denemesinde de başaramayan RLPLC led diyotu sürekli kırmızı ışık vermektedir. Fakat denemelerden birinde başarılı olduğunda led diyot sürekli yeşil ışık vermektedir. Bu aşamadan sonra 2. işlemci, sonsuz bir döngü halinde sürekli sunucu sayfasına bağlanıp PLC verisi istemektedir.



Şekil 4.51. 2. İşlemciye ait akış diyagramı

PLC veri paketinin gelip gelmediği bilgisi, Şekil 4.52’de görüldüğü üzere, sunucudan gelen veri içerisinde “+IPD” bilgisinin yer alıp almadığına bağlı olmaktadır. Alınan veri paketinin başlangıcında ve bitişinde 286.-291. arasındaki kodlar çalıştırılarak ‘!’ tanıtıcısının olup olmadığına bakılmaktadır.

```
273 putsUSART("GET /data.php?parameter1=0&parameter2=kartal HTTP/1.1\r\n");
274 putsUSART("Host: www.umhms.com\r\n\r\n");
275
276 for(i=0;i<k+2;i++)
277     {esp_buf[i] = 0;}
278 k=0;
279
280 __delay_s(9);
281
282 GIE = 0;
283
284 }while(strstr(esp_buf,"+IPD") == NULL);
285
286 ptr2 = strtok(esp_buf, soru);
287 begin=strlen(ptr2);
288 ptr2 = strtok(NULL, soru);
289 total=strlen(ptr2);
290 ptr2 = strtok(NULL, soru);
291 end=strlen(ptr2);
292
293 }while(total==1); // plc verisi yoksa başa dön
```

Şekil 4.52. Sunucudan PLC verisi isteme kod parçası

Sunucu sayfasından istenen veriler içerisinde tanıtıcılar ayrıştırılmakta ve geriye kalan PLC verisi, Şekil 4.53’de görüldüğü üzere 315.-327. arası kodlar yardımıyla “data” değişkenine aktarılmaktadır. Bu işlemlerden sonra “data” değişkeni SPI haberleşme protokolü sayesinde 1. işlemciye aktarılmaktadır.

```
315 for(i=0;i<total;i++)
316     {test[i]=esp_buf[i+begin+1];}
317
318 j=0;
319 ptr1 = strtok(test, virgul);
320 while(ptr1 != NULL) {
321     if(strlen(ptr1)==1)
322         {i=ptr1[0]-48 ;}
323     else
324         {i=10*(ptr1[0]-48) + (ptr1[1]-48) ;}
325     data[j]=i+1;
326     j++;
327     ptr1 = strtok(NULL, virgul);}
```

Şekil 4.53. PLC verisini elde etmek için kod parçası

4.3.2. Entegrasyonun değerlendirmeleri

SL dünyasında tasarlanan, simüle edilen ve sanal gerçekleştirilen SLPLC sistemi ile gerçek dünyada tasarlanan ve üretilen RLPLC sistemleri arasında bir entegrasyon işlemi başarı ile yapılmıştır. Böylelikle SL üzerinde programlanabilen PLC verileri internet alt yapısı kullanılarak gerçek dünyaya aktarılabilir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

SL’de elektrik, elektrik-elektronik, mekatronik, otomasyon gibi alanlarda, mesleki liseler, teknik yüksekokullar ve mühendislik bölümlerinde yetiştirilen öğrenciler ve söz konusu alanlarda faaliyet gösteren işyerleri için PLC eğitimi ve program tasarımı ihtiyacını karşılayabilecek bir SLPLC sistemi tasarlanmıştır. Bu sistem kullanılarak PLC alanında eğitim almak ve program tasarımı yapmak isteyen öğrenciler veya çalışanlar sisteme girerek beraberce bir PLC program tasarımını, simülasyonunu ve sanal gerçekleştirme olayını yapabilmektedirler. Kullanıcılar, internet ve SL’nin olduğu bilgisayarlardan ulaşabildiklerinden dünyanın her yerinden, istediği zamanda bu sisteme giriş yapabilmekte ve kullanabilmektedir. Eğitim amaçlı olarak öğretmenler veya öğretim elemanları SL dünyasına bağlanarak buradaki öğrencilerini eğitebilmektedir. Öğretim elemanının SL’de bulunmadığı zamanlarda ise öğrenciler eğitim ve programlama çalışmalarını, bireysel veya işbirlikçi olarak sürdürebilmektedir. Böylece geleneksel eğitimin gerektirdiği fiziksel ihtiyaçlar en az düzeye indirilmektedir. Ayrıca gerçek dünyada çalışabilen bir RLPLC sistemi tasarlanmış ve uygulanmıştır. İnternet yoluyla bu SLPLC ve RLPLC sistemleri birbirlerine entegre edilerek SL dünyasında tasarlanan bir PLC programı doğrudan gerçek dünyaya aktarılmaktadır. Eğitimsel anlamda bu entegrasyon ile öğrenciler, simülasyon ortamında çalışan bir PLC sisteminin, gerçek dünyada nasıl davranacağı hakkında bilgi edinebilmektedir. Ticari anlamda bu entegrasyon ile dünyanın herhangi bir işyerindeki PLC’ler yine dünyanın herhangi bir yerindeki uzman veya uzmanlar tarafından programlanabilmektedir.

Sanal dünyadan kaynaklanan gecikmeler, sunucu tarafından kaynaklanan gecikmeler ve gerçek dünyayı sunucuya bağlamak için meydana gelen gecikmeler dolayısıyla senkron bir iletişim kurulamamıştır. Bu yüzden sunucu tarafında gelen verileri saklayan bir veri tabanı oluşturulmuş ve bu veri tabanına veri transfer işlemlerini sağlıklı bir şekilde gerçekleştirebilmek için sunucu tarafında da belirli bir zaman gecikmesi eklenmiştir. Birinci ve ikinci işlemciler arasındaki iletişim protokolü olarak

SPI seçilmiştir. Yüksek hızlarda kullanıldığında veri transferi gerçekleştirirken rastgele olarak bazı veri parçacıklarının işlemciler tarafından alınmadığı görülmüştür. Bunun üzerine SPI hızı yavaşlatılmış ve veriler ikişer defa gönderilerek bu zorluk ortadan kaldırılmıştır. Kablosuz modülün hangi hızlarda hangi verileri gönderdiğini öğrenmek için modül ile başka bir işlemci arasında iletişim kurulmuş ve veri yapıları incelenerek tez çalışmasında kullanılan işlemcilere uyarlanmıştır. Tasarlanan PLC'nin baskı devresi oluşturulmuş ve kuşe kağıda geçirilmiştir. Buradan bakır plaketin yüzeyine sıcaklık uygulanarak aktarılmıştır. Bu aktarım sırasında devre yolları ve deliklerin bazılarının tam olarak bakır plakete geçmediği gözlemlenmiş ve uygun sıcaklık ve süreye ulaşılan kadar baskı devrenin plakete geçiş işlemine sürekli devam edilmiştir.

5.2. Öneriler

Tasarlanan bu tür sistemler ile özellikle otomasyon sistemleri sanal dünyadan kontrol edilebilmekte ve böylece insan tarafından girilmesi, çalışılması ve bakım yapılması tehlikeli olan yerlerde, gerçek dünyaya müdahale edilebilmesinin önü açılacaktır. SL dünyasının programlama dili ile programlanabilmesi sayesinde özellikle endüstride kullanılacak akıllı sistemlerin sanal dünya ile entegrasyonu sağlanarak görselleştirme, sanallaştırma ve karar verebilme yetenekleri kazandırılacaktır.

SL dünyasına girmeyi düşünen kullanıcılar için ücretli ve ücretsiz olmak üzere iki üyelik türü bulunmaktadır. Ücretsiz üyelik türünü kullanan kullanıcılar, SL üzerinde bulunan ana ada üzerinde kendisine ait bir parselle sahip olamamaktadır. 3D çizim aracını kullanarak inşa etmek isteyeceği bir nesneyi, genel anlamda "sandbox" diye tabir edilen ücretsiz alanlarda oluşturabilmektedir. Bu alanların genellikle zaman kısıtları olduğundan belirli sürelerde üzerindeki oluşturulan nesnelere temizlenmektedir. Ücretli üyeliğe sahip bir kullanıcı ise SL dünyasında kendisine ait bir veya daha fazla parsel satın alabilmektedir. Bu parsellere, hangi avatarların girebileceğini seçebilmekte, parsel üzerinde nesne oluşturma, konuşma, uçma, itme, yazılım oluşturma gibi izinleri düzenleyebilmektedir. Eğitim, gösterim ve/veya ticari anlamda kullanılmak üzere satın alınacak parsel, SL içerisinde bulunan arama butonu ile sorgulanabilmektedir. Parsel satın alma sürecinin başında o parselin gidilip Ctrl+Shift+1 klavye kombinasyonu ile o parseli içerisine alan simülasyonun performansı hakkında detaylı bilgileri veren pencerenin açılıp incelenmesinde fayda görülmektedir.

Aktif nesne ve aktif komut dosyası sayılarının az olması demek simülatörün performansının artması anlamına da gelebilmektedir. Ücretli üyelik, aylık, üç aylık veya bir yıllık aboneliklere sahip olup seçilen abonelik için ödemeler tekrarlanmaktadır. SL'yi kullanacak kişiler için SL'yi çalıştıracak bilgisayarların grafik özellikleri ve internet erişim hızı gibi değerlerin, kullanım performansını etkileyeceği göz önünde bulundurulmalıdır. Öğretim elemanı ve öğrenciler kendi üniversite kampüslerinden SL'ye erişmek isterlerse, SL'nin kullanacağı portlar ve SL sunuculara erişim izni için, üniversite yetkilileri ile iletişime geçmeleri gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] Rullán A., Programmable Logic Controllers versus Personal Computers for Process Control, *Computers & Industrial Engineering*, 1997, **33**(1–2), 421-424.
- [2] Palma J., Lacerda L., Antunes J., Simoes F., A Multipurpose Process Simulator for Automation Engineering Laboratory, *International Symposium on Industrial Electronics ISIE '97*, Guimaraes, Portekiz, 7-11 Temmuz 1997.
- [3] Shaheen M., Loparo K. A., Buchner M., Remote Laboratory Experimentation, *American Control Conference*, Filadelfiya, Amerika Birleşik Devletleri, 26 Haziran 1998.
- [4] Chung C. A., A Cost-effective Approach for the Development of an Integrated PC-PLC-Robot System for Industrial Engineering Education, *IEEE Transactions on Education*, 1998, **41**(4), 306-310.
- [5] Wei-Fu C., Yu-Chi W., Chui-Wen C., Wen-Ching Y., Design and Implementation of a Web-Based Distance PLC Laboratory, *35th Southeastern Symposium on System Theory*, Morgantown, Amerika Birleşik Devletleri, 18 Mart 2003.
- [6] Hsieh S. J., Hsieh, P. Y., Zhang D., Web-Based Simulations and Intelligent Tutoring System for Programmable Logic Controller, *Frontiers in Education FIE 2003 33rd Annual*, Westminster, Amerika Birleşik Devletleri, 5-8 Kasım 2003.
- [7] Robinson G. R., Rodgerson J. L., Soft Models for the Teaching of PLC Programming, *Third Conference on Engineering Education - Access, Retention and Standards*, Southampton, İngiltere, 6-7 Ocak 2003.
- [8] Gerkšič S., Dolanc G., Vrančić D., Kocijan J., Strmčnik S., Blažič S., Škrjanc I., Marinšek Z., Božiček M., Stathaki A., King R., Hadjiski M., Boshnakov K., Advanced Control Algorithms Embedded in a Programmable Logic Controller, *Control Engineering Practice*, 2006, **14**(8), 935-948.
- [9] Bellmunt O. G., Miracle D. M., Arellano S. G., Sumper A., Andreu A. S., A Distance PLC Programming Course Employing a Remote Laboratory Based on a Flexible Manufacturing Cell, *IEEE Transactions on Education*, 2006, **49**(2), 278-284.
- [10] Wu P. H., Lin C. C., Kuo C. H., Wu P. L., Design and Implementation of the PLC Control Lab Using GSM System, *Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies*, Kerkrade, Hollanda, 5-7 Temmuz 2006.

- [11] Gsn K., Elektrik Kumanda Laboratuvarı PLC Eğitim Seti Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006, 185046.
- [12] Macias M. E., Guridi E. D., Ortiz A., Extending the Laboratory Concept with Computer Emulations in Automation, *Frontiers In Education Conference - Global Engineering: Knowledge Without Borders, Opportunities Without Passports FIE '07 37th Annual*, Milwaukee, Amerika Birleşik Devletleri, 10-13 Ekim 2007.
- [13] José L., José G., PLC Training Based on a 3D Virtual Maquette Control: An Educational Experience in Automation, *ICEE - The Moving Frontiers of Engineering*, Coimbra, Portekiz, 3-7 Eylül 2007.
- [14] Arseven B., Operatr Panelli PLC Eğitim Setinin Hazırlanması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007, 178009.
- [15] Oğuzay E., Programlanabilir Lojik Kontrolr (PLC) için bir Simlatr Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Maltepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007, 221943.
- [16] Mller T., Rosin A., Hoimoja H., Muur M., PLC Based Control of Remote Laboratory Experiments, *Electronics Conference 11th International Biennial Baltic*, Tallinn, Estonya, 6-8 Ekim 2008.
- [17] Sysala T., Navrátil P., Sobolík, M., Remote Control of Real Equipment Models Through Programmable Controller, *17th International Conference on Process Control '09*, Štrbské Pleso, Slovakia, 9-12 Haziran 2009.
- [18] Aydogmus Z., Aydogmus O., A Web-Based Remote Access Laboratory Using SCADA, *IEEE Transactions on Education*, 2009, **52**(1), 126-132.
- [19] Muoz J. A., Guzmán J. L., Rodriguez F., Berenguel M., Pawlowski A., Virtual Lab for Programmable Logic Controllers, *Emerging Technologies & Factory Automation IEEE Conference*, Mallorca, İspanya, 22-25 Eylül 2009.
- [20] Deveza T., Martins J. F., PLC Control and Matlab/Simulink Simulations. A Translation Approach, *Emerging Technologies & Factory Automation IEEE Conference*, Mallorca, İspanya, 22-25 Eylül 2009.
- [21] Salazar E. A., Macias M.E., Virtual 3D Controllable Machine Models for Implementation of Automations Laboratories, *FIE '09 Frontiers in Education Conference*, San Antonio, Amerika Birleşik Devletleri, 18-21 Ekim 2009.
- [22] Alaba O. B., Nicolae M., Dobrescu R., Abass O. A., Popescu, D., Educational Platform for Process Controlling via Internet, *Adaptive Science & Technology 2nd International Conference*, Accra, Gana, 14-16 Ocak 2009.
- [23] Hsieh S. J., Hoermann K., An Integrated Virtual Learning System for a Programmable Logic Controller (Virtual PLC): Current Progress and Future

Directions *ASEE Conferences Annual Conference & Exposition*, Austin, Amerika Birleşik Devletleri, 14-17 Haziran 2009.

- [24] Riera B., Marange P., Gellot F., Nocent O., Magalhães A., Vigário B., Complementary Usage of Real and Virtual Manufacturing Systems for Safe PLC Training, *Advances in Control Education*, Kumamoto, Japonya, 21-23 Ekim 2009.
- [25] Wenhua L., Na L., Designing and Implementation of Education Simulation System Base on PLC, *2010 2nd International Conference on Computer Engineering and Technology (ICCET)*, Chengdu, Çin, 16-18 Nisan 2010.
- [26] Vaananen M., Horelli J., Katajisto J., Virtual Learning Environment Concept for PLC-Programming - Case: Building Automation, *2nd International Conference on Education Technology and Computer (ICETC)*, Şanghai, Çin, 22-24 Haziran 2010.
- [27] Shyr W. J., Multiprog Virtual Laboratory Applied to PLC Programming Learning, *European Journal of Engineering Education*, 2010, **35**(5), 573-583.
- [28] Rafat O. F., PIC16f877 Mikrodenetleyicisi ile bir PLC Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2010, 276297.
- [29] Lecroq F., Grieu J., Boukachour H., Person P., Galinho T., Learning PLC's with GE3D: The Students' Feedbacks, *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Amman, Ürdün, 4-6 Nisan 2011.
- [30] Pratumsuwan P., Pongaen W., An Embedded PLC Development for Teaching in Mechatronics Education, *6th IEEE Conference Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*, Pekin, Çin, 21-23 Haziran, 2011.
- [31] Li H., Zhang J., Study on Remote PLC Experiment System Based on Web, *Second International Conference Mechanic Automation and Control Engineering (MACE)*, Hohhot, Çin, 15-17 Temmuz 2011.
- [32] Hou Y., Hao Y., Yuan W., Design and Implementation of PLC Multimedia Software, *Multimedia Technology (ICMT)*, Hangzhou, Çin, 26-28 Temmuz 2011.
- [33] Colak I., Efe A., Design and Implementation of a Remote Access PLC Training Set, *Electrical Machines and Power Electronics and 2011 Electromotion Joint Conference (ACEMP)*, İstanbul, Türkiye, 8-10 Eylül 2011.
- [34] Mashhadany Y. I. A., Design and Implement of a Programmable Logic Controller (PLC) for Classical Control Laboratory, *Intelligent Control and Automation*, 2012, **3**(1), 44-49.
- [35] Bayrak G., Cebeci M., An Automation Platform Designs for Electrical and Electronics Students: An Application Study, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2012, **47**(1), 950-955.

- [36] Chen X., Gao H., A Remote PLC Laboratory Design and Realization, *Procedia Engineering*, 2012, **31**(1), 1168-1172.
- [37] Barjis J., Gupta A., Sharda R., Chameeva, B. T., Sharda R., Innovative Teaching Using Simulation and Virtual Environments, *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management*, 2012, **7**(1), 237-255.
- [38] Safavi A., Safavi A. A., Veisi P., A Remote and Virtual PLC Laboratory via Smartphones, *Fourth International Conference E-Learning and E-Teaching (ICELET)*, Şiraz, İran, 13-14 Şubat 2013.
- [39] Wesley B., Williams, P.E., LabVIEW and Arduino as a Aateway to PLC Programming, *ASEE Annual Conference*, Atlanta, Amerika Birleşik Devletleri, 23-26 Haziran 2013.
- [40] Sergeyev A., Alaraje N., Kuhl S., Kalenauskas K., Li B., Open-Source, Multilevel, Interactive Programmable Logic Controller Software Development for High School Students, Two- and Four-Year Colleges, and Displaced Workers, *The Leading International Journal For Engineering Technology*, 2014, **15**(1), 21-27.
- [41] Buinac R., Maršić D., Malčić G., Web-Based Control of Programmable Logic Controllers in Process Control Computers Education, *37th International Convention Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, Opatija, Hırvatistan, 26-30 Mayıs 2014.
- [42] Rosas E., The Design and Development of a Soft PLC for Mechatronics Education, Yüksek Lisans Tezi, Kaliforniya Üniversitesi, Lisansüstü Çalışmaları Ofisi, Kaliforniya, Amerika Birleşik Devletleri, 2014.
- [43] Navrapescu V., Chirila A. I., Deaconu A. S., Deaconu I. D., Educational Platform for Working with Programmable Logic Controllers, *9th International Symposium Advanced Topics in Electrical Engineering (ATEE)*, Bükreş, Romanya, 7-9 Mayıs 2015.
- [44] Palma L. B., Rosas J. A., Pecorelli J., Gil P. S., Structured Text simulator for PLC in Learning Environment, *International Conference Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, Lizbon, Portekiz, 11-13 Haziran 2015.
- [45] Özerdem Ö. C., Design of Two Experimental Setups for Programmable Logic Controller (PLC) Laboratory, *International Journal of Electrical Engineering Education*, 2016, **53**(4), 331-340.
- [46] Narayanan G., Deshpande A., Learning Automation Made Easy through Virtual Labs, *2016 International Conference on Learning and Teaching in Computing and Engineering (LaTICE)*, Mumbai, Hindistan, 31 Mart - 3 Nisan 2016.
- [47] Abumansi M. M., Elkronz A. A., Abuqaoud F. M., Hatab M. A., Mobile Educational Workbench for Classical and Programmable Control

Applications, *2017 International Conference on Promising Electronic Technologies (ICPET)*, Deir El-Balah, Filistin, 16-17 Ekim 2017.

- [48] Palma L. B., Brito V., Rosas J., Gil P., WEB PLC Simulator for ST Programming, *4th Experiment@International Conference (exp.at'17)*, Faro, Portekiz, 6-8 Haziran 2017.
- [49] Brito J. J., Toledo P., Alayón S., Virtual Laboratory for Automation Combining Inventor 3D Models and Simulink Control Models: Virtual Laboratory for Automation, *IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, Tenerife, İspanya, 17-20 Nisan 2018.
- [50] Diwakar A., Poojary S., Noronha S. B., Virtual Labs in Engineering Education: Implementation Using Free and Open Source Resources, *IEEE International Conference on Technology Enhanced Education (ICTEE)*, Kerala, Hindistan, 3-5 Ocak 2012.
- [51] Diwakar A. S., Noronha S. B., Agashe S., Virtual and Remote Triggered Industrial Automation Labs: Collaboration Case Study, *12th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, Bangkok, Tayland, 25-27 Şubat 2015.
- [52] Choudhary A., Singh S. A., Malik M. F., Kumar A., Pathak M. K., Kumar V., Virtual Lab: Remote Access and Speed Control of DC Motor Using Ward-Leonard System, *IEEE International Conference on Technology Enhanced Education (ICTEE)*, Kerala, Hindistan, 3-5 Ocak 2012.
- [53] Bagchi D., Kaushik K., Kapoor B., Virtual Labs for Electronics Engineering Using Cloud Computing, *3rd Interdisciplinary Engineering Design Education Conference*, Santa Clara, Amerika Birleşik Devletleri, 4-5 Mart 2013.
- [54] Freeman J., Shankar B., Elango M., Achuthan K., Virtual Labs Battery and Ultracapacitor Characterization, *IEEE Global Humanitarian Technology Conference: South Asia Satellite (GHTC-SAS)*, Trivandrum, Hindistan, 23-24 Ağustos 2013.
- [55] Titov I., Glotov A., Andrey Y., Petrov V., Labicom Labs: Remote and Virtual Solid-State Laser Lab, RFµwave Amplifier Remote and Virtual Lab: Interactive Demonstration of Labicom Labs in Winter 2016, *13th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation (REV)*, Madrid, İspanya, 24-26 Şubat 2016.
- [56] Sanagavarapu L. M., Choppella V., Raghu R. Y., Model Driven Approach for Virtual Lab Authoring - Chemical Sciences Labs, *IEEE 18th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, Mumbai, Hindistan, 9-13 Temmuz 2018.
- [57] Jakab F., Janitor J., Nagy M., Virtual Lab in a Distributed International Environment - Svc Edinet, *Fifth International Conference on Networking and Services*, Valensiya, İspanya, 20-25 Nisan 2009.

- [58] Diwakar S., Achuthan K., Nedungadi P., Biotechnology Virtual Labs - Integrating Wet-Lab Techniques and Theoretical Learning for Enhanced Learning at Universities, *2010 International Conference on Data Storage and Data Engineering*, Bangalore, Hindistan, 9-10 Şubat 2010.
- [59] Valdez M. T., Ferreira C. M., Martins M. J. M., Barbosa. F. P. M., Virtual Labs in Electrical Engineering Education - the VEMA Environment, *Information Technology Based Higher Education and Training (ITHET)*, York, İngiltere, 11-13 Eylül 2014.
- [60] Gu N., Mary, L. M., *Designing Adaptive Virtual Worlds*, De Gruyter, Berlin, 2014.
- [61] Steve D., History of the (Virtual) Worlds, *The Journal of Technology Studies*, 2014, **40**(2), 54-67.
- [62] Shafiq S. I., Sanin C., Szczerbicki E., Toro C., Virtual Engineering Object / Virtual Engineering Process: A specialized form of Cyber Physical System for Industrie 4.0, *Procedia Computer Science*, 2015, **60**(1), 1146-1155.
- [63] Amorim T., Tapparo L., Marranghello N., Silva A. C. R., Pereira A. S., A Multiple Intelligences Theory-based 3D Virtual Lab Environment for Digital Systems Teaching, *Procedia Computer Science*, 2014, **29**(1), 1413-1422.
- [64] Allison C., Miller A., Sturgeon T., Nicoll J. R., Perera I., Educationally Enhanced Virtual Worlds, *Frontiers in Education Conference (FIE)*, Vaşington, Amerika Birleşik Devletleri, 27-30 Ekim 2010.
- [65] Tokel S. T., İslar V., Acceptance of Virtual Worlds as Learning Space, *Innovations in Education and Teaching International*, 2015, **52**(3), 254-264.
- [66] <http://www.secondlife.com>, (Ziyaret Tarihi: 28 Ağustos 2018)
- [67] Callaghan M., McCusker K., Losada J. L., Harkin J., Wilson S., Integrating Virtual Worlds & Virtual Learning Environments for Online Education, *Consumer Electronics Society's Games Innovations Conference*, Londra, İngiltere, 25-28 Ağustos 2009.
- [68] Apostolos M., Andreas K., Thrasyvoulos T., Collaboration in 3D Collaborative Virtual Learning Environments: Open Source vs. Proprietary Solutions, *Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems*, Thessaloniki, Yunanistan, 24-26 Kasım 2010.
- [69] Boulos M. N. K., Hetherington L., Wheeler S., Second Life: An Overview of the Potential of 3-D Virtual Worlds in Medical and Health Education, *Health Information & Libraries Journal*, 2007, **24**(4), 233-245.
- [70] Boncukçu I. G., 3D Virtual Worlds as New Learning Environments for Industrial Design Studio Courses, Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2015, 416348.

- [71] Potkonjak V., Gardner M., Callaghan V., Mattila P., Guetl C., Petrović V. M., Jovanović K., Virtual Laboratories for Education in Science, Technology, and Engineering: A Review, *Computers & Education*, 2016, **95**(1), 309-327.
- [72] Herold D. K., Mediating Media Studies – Stimulating Critical Awareness in a Virtual Environment, *Computers & Education*, 2010, **54**(3), 791-798.
- [73] Penfold P., Learning Through the World of Second Life—A Hospitality and Tourism Experience, *Journal of Teaching in Travel & Tourism*, 2009, **8**(2-3), 139-160.
- [74] Mayrath M. C., Traphagan T., Jarmon L., Trivedi A., Resta P., Teaching with Virtual Worlds: Factors to Consider for Instructional Use of Second Life, *Journal of Educational Computing Research*, 2010, **43**(4), 403-444.
- [75] Wei T., Educational Functional Analysis of Virtual World: A Case Study on Second Life, *Computational Intelligence and Software Engineering*, Wuhan, Çin, 10-12 Aralık 2010.
- [76] Baker S. C., Wentz R. K., Woods M. M., Using Virtual Worlds in Education: Second Life® as an Educational Tool, *Teaching of Psychology*, 2009, **36**(1), 59-64.
- [77] Reisoğlu I., Topu B., Yılmaz R., Yılmaz T. K., Göktaş Y., 3D Virtual Learning Environments in Education: A Meta-Review, *Asia Pacific Education Review*, 2017, **18**(1), 81-100.
- [78] Rahman M. H. A., Yahaya N., Halim N. D. A., Virtual World for Collaborative Learning: A Review, *Teaching and Learning in Computing and Engineering*, Kuching, Malezya, 11-13 Nisan 2014.
- [79] Hsiao I. Y. T., Ju L. Y., Ling, K. C., Ping L., Visualization Analytics for Second Language Vocabulary Learning in Virtual Worlds, *Journal of Educational Technology & Society*, 2017, **20**(2), 161-175.
- [80] Flowers M. G., Aggarwal R., Second Life™: A Novel Simulation Platform for the Training of Surgical Residents, *Expert Review of Medical Devices*, 2014, **11**(2), 101-103.
- [81] Smith K., Universal Life: The Use of Virtual Worlds Among People with Disabilities, *Universal Access in the Information Society*, 2012, **11**(4), 387-398.
- [82] Honey M., Connor K., Veltman M., Bodily D., Diener S., Teaching with Second Life®: Hemorrhage Management as an Example of a Process for Developing Simulations for Multiuser Virtual Environments, *Clinical Simulation in Nursing*, 2012, **8**(3), 79-85.
- [83] Jones, K. R., Kibbe S., Crayton T., Campbell E., Use of Second Life in Social Work Education: Virtual World Experiences and Their Effect on Students, *Journal of Social Work Education*, 2015, **51**(1), 90-108.

- [84] Hsu L., Web 3D Simulation-Based Application in Tourism Education: A Case Study With Second Life, *Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education*, 2012, **11**(2), 113-124.
- [85] Lang A. S. I. D., Bradley, J. C., Chemistry in Second Life, *Chemistry Central Journal*, 2009, **3**(14), 1-20.
- [86] Minocha S., Reeves A. J., Design of Learning Spaces in 3D Virtual Worlds: An Empirical Investigation of Second Life, *Learning, Media and Technology*, 2010, **35**(2), 111-137.
- [87] Crellin J., Williams E. D., Chandler J., Collinson T., Virtual Worlds in Computing Education, *Computer Science Education*, 2009, **19**(4), 315-334.
- [88] Callaghan M. J., McCusker K., Losada J. L., Harkin J. G., Wilson S., Teaching Engineering Education Using Virtual Worlds and Virtual Learning Environments, *Advances in Computing, Control, and Telecommunication Technologies*, Kerala, Hindistan, 28-29 Aralık 2009.
- [89] <https://community.secondlife.com/knowledgebase/english/scripting-object-behavior-r62/>, (Ziyaret Tarihi: 28 Ağustos 2018)
- [90] http://wiki.secondlife.com/wiki/LSL_Portal, (Ziyaret Tarihi: 28 Ağustos 2018)
- [91] Aydoğan H., Aras F., Karakas E., An Assessment on Distance Education in a 3D Virtual Environment: How to Produce Electricity in a Hydroelectric Power Plant, *2nd International Conference on Education Technology and Computer*, Şanghai, Çin, 22-24 Haziran 2010.
- [92] Aydogan H., Karakas E., Aras F., Ozudogru F., 3D Virtual Classroom Environment for Teaching Renewable Energy Production and Substation Equipment, *International Journal of Electrical Engineering Education*, 2011, **48**(3), 294-306.
- [93] Aydogan H., Ata R., Ozen S., Aras F., A Study of Education on Power Transformers in a Virtual World, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2014, **116**(1), 3952-3956.
- [94] Aydogan H., Aras F., Motor Control from a Virtual World into Real World, *Journal of Educational & Instructional Studies in the World*, 2018, Vol **8**(2), 42-46.
- [95] KiCad, <http://kicad-pcb.org/> (Ziyaret Tarihi: 18 Ekim 2018).
- [96] Microchip, <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/PIC18F46K20> (Ziyaret Tarihi: 15 Ekim 2018).
- [97] MPLAB, <https://www.microchip.com/mplab> (Ziyaret Tarihi: 18 Ekim 2018).
- [98] XC8, <https://www.microchip.com/mplab/compilers> (Ziyaret Tarihi: 18 Ekim 2018).

[99] MySQL, <https://www.mysql.com/> (Ziyaret Tarihi: 20 Ekim 2018).

[100] PHP, <http://php.net/> (Ziyaret Tarihi: 19 Ekim 2018).



KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **Aydoğan H.**, Özsoy M. F., Aras F., Elektrik Enerjisi Temel Kompanzasyon Analizi için Arayüz Tasarımı, *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 2018, 7(3), 182-187.
- [2] **Aydoğan H.**, Aras F., Motor Control from a Virtual World into Real World, *Journal of Educational and Instructional Studies in the World*, 2018, Volume 8(2), 42-46.
- [3] **Aydoğan H.**, Aras F., Karakas E., Forecasting the Dielectric Properties of the Insulation Material using an Embedded ANN Microcontroller, *I. Uluslararası Multidisipliner Çalışmalar ve Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu (ISMSIT 2017)*, Tokat, Türkiye, 2-4 Kasım 2017.
- [4] **Aydoğan H.**, Aras F., Design of a Graphical User Interface for Analysis of a Fiber Optic Current Sensor, *10th International Conference on Electrical and Electronics Engineering*, Bursa, Türkiye, 30 Kasım-2 Aralık 2017.
- [5] **Aydoğan H.**, Ata R., Ozen S., Aras F., A Study of Education on Power Transformers in a Virtual World, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2014, 116(1), 3952-3956.
- [6] **Aydoğan H.**, Aras F., Karakas E., Design and Real Time Implementation of Low Cost Embedded Wavelet Analysis for Denoising Transformer Current, *8th International Conference Curves and Surfaces*, Paris, Fransa, 12-18 Haziran 2014.
- [7] **Aydoğan H.**, Aras F., Karakaş E., Tüzün O., Güç Transformatörlerinde Kullanılan Yağların Dielektrik Kayıp Faktörlerinin Yapay Sinir Ağı ile Belirlenmesi, *3E Electrotech*, 2012, 220(1), 64-74.
- [8] **Aydoğan H.**, Karakas E., Aras F., Ozudogru F., 3D Virtual Classroom Environment for Teaching Renewable Energy Production and Substation Equipment, *International Journal of Electrical Engineering Education*, , 2011, 48(3), 294-306.
- [9] **Aydoğan H.**, Aras F., Karakas E., Design and Implementation of a Data Acquisition System Integrated with Matlab Simulink for Solar Energy Panels, *5th International Ege Energy Symposium and Exhibition*, Denizli, Türkiye, 27-30 Haziran 2010.
- [10] **Aydoğan H.**, Aras F., Karakas E., An Assessment on Distance Education in a 3D Virtual Environment: How to Produce Electricity in a Hydroelectric Power Plant, *2nd International Conference on Education Technology and Computer*, Şanghay, Çin, 22-24 Haziran 2010.

- [11] **Aydoğan H.**, Aras F., Fiber Optik Akım Sensörünün Modellenmesi ve Simülasyonu, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2008, **23**(4), 749-757.



ÖZGEÇMİŞ

Hakan Aydoğan 1983 yılında Emirdağ'da doğdu. Lise öğrenimini Eskişehir Atatürk Endüstri Meslek Lisesi'nde tamamladı. 2001 yılında girdiği Fırat Üniversitesi Elektrik Eğitimi Bölümü'nden 2005 yılında Teknik Öğretmen olarak mezun oldu. Aynı yıl içinde Kocaeli Üniversitesi Elektrik Eğitimi Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Yüksek lisans eğitiminde fiber optik akım sensörünün modellenmesi konusunda çalışmalarda bulundu. 2008 yılından bu yana Uşak Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Elektrik ve Enerji Bölümü'nde Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır.

