



**FİBER OPTİK UYGULAMALARI İÇİN GERÇEK ZAMANLI İZLEME  
YAZILIMI, TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ**

**Zühal ASLAN AKYOL**

**DOKTORA TEZİ  
BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ  
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2023**

## ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Zühal ASLAN AKYOL

17/01/2023

# FİBER OPTİK UYGULAMALARI İÇİN GERÇEK ZAMANLI İZLEME YAZILIMI, TASARIMI VE GELİŞTİRİLMESİ

(Doktora Tezi)

Zühal ASLAN AKYOL

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

OCAK 2023

## ÖZET

Geleneksel eğitim yöntemlerinin sınırlılıkları göz önüne alındığında, ortaya çıkan uzaktan eğitim yönteminin, eğitimde maliyet, zaman açısından tasarruf ve kişiye göre esneklik gibi özelliklerini ön plana çıkarmıştır. Özellikle teknik alanlarda kullanılan deneysel laboratuvar çalışmalarının yapıldığı malzeme, laboratuvar kullanımında yer ve zaman problemi, teknik destek sağlanması gibi sıkıntılar yaşanmaktadır. Gelişen teknoloji ile geleneksel deney ortamlarının sınırlılıklarını aşan ve yararlanıcıların durumlarına uygun eğitim seçeneği sunan web tabanlı laboratuvarlar ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada web tabanlı laboratuvarlar hakkında yapılan çalışmalar incelenmiştir. Araştırma sonucunda web tabanlı laboratuvarların birçok ayrımla birlikte genel olarak sanal laboratuvar ve uzaktan erişimli laboratuvar olmak üzere iki farklı türde olduğu görülmüştür. Yapılan çalışmalarda sanal laboratuvarların ağırlıklı tercih edilmesinin yanı sıra, az sayıda da olsa bulut tabanlı sanal laboratuvar ve hibrit yapıları laboratuvar türlerine rastlanılmıştır. İncelenen yapıların her birinin kendi alanında çeşitli erişim ve kullanım kolaylığı sağladığı görülmüştür. Bu kapsamda kurulum maliyeti fazla ve cihazlara erişimi güç olan, eğitim amaçlı kullanılan fiber optik laboratuvarı için, MATLAB App Designer platformunda cihaz kontrolleri gerçekleştirilerek gerçek zamanlı uzaktan erişimli bir laboratuvar uygulaması yapılmış ve kampüs ağı içerisinde kullanıma hazır hale getirilmiştir. Hazırlanan yazılım üzerinde örnek fiber optik uygulamaları kurulmuş, sistemin verimli çalıştığı gözlemlenmiştir.

Bilim Kodu : 92407

Anahtar Kelimeler : Web tabanlı laboratuvarlar, sanal laboratuvarlar, uzaktan erişimli laboratuvarlar, fiber optik laboratuvarı

Sayfa Adedi : 88

Danışman : Prof. Dr. Murat YÜCEL

# DESIGN AND DEVELOPMENT OF A REAL TIME MONITORING SOFTWARE FOR FIBER OPTIC APPLICATIONS

(Ph. D. Thesis)

Zühal ASLAN AKYOL

GAZİ UNIVERSITY  
INSTITUTE OF INFORMATICS

January 2023

## ABSTRACT

Considering the limitations of traditional education methods, the emerging distance education method has highlighted the features such as cost in education, time savings and flexibility with respect to individuals. There are problems regarding the materials used in the experimental laboratory studies, especially in technical fields, space and time in the use of laboratory, and the provision of technical support. With the developments in technology, web-based laboratories exceeding the limitations of traditional experimental environments and offering training options suitable for users emerged. In this study, studies on web-based laboratories were examined. As a result of the research, it was seen that web-based laboratories are generally of two different types, virtual laboratories and remote access laboratories, with many distinctions. In addition to the fact that virtual laboratories are mostly preferred in the studies, cloud-based virtual laboratories and hybrid laboratory types were encountered, albeit in small numbers. It was observed that each of the examined structures provided various access and ease of use in its own area. In this context, a real-time remote access laboratory application was made by performing device controls on the MATLAB App Designer platform for the fiber optic laboratory, which is used for educational purposes and has high installation costs and difficult access to devices, and it was made ready for use within the campus network. Sample fiber optic applications have been installed on the prepared software, and it was observed that the system works efficiently.

Science Code : 92407

Key Words : Web based laboratories, virtual laboratories, remote access laboratories,  
fiber optic laboratory

Page Number : 88

Supervisor : Prof. Dr. Murat YÜCEL

## TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın hayata geçirilmesi sürecinde çok değerli bilgi ve birikimleri ile beni yönlendiren, üniversite yıllarımdan doktora dönemime kadar akademik becerilerimi geliştirmemde öncü olan, mesleki bakış açımı ıslık olan, öğrencisi olmaktan her daim gurur duyduğum çok değerli hocam Prof. Dr. Murat Yücel'e,

Tez izleme komitelerimde ve tez savunma sınavımda katkı ve önerileriyle süreç boyu beni yönlendiren değerli hocalarım Doç. Dr. Hüseyin Polat ve Prof. Dr. Fatih V. Çelebi'ye,

Tez savunma sınavım esnasında çalışmama farklı bakış açıları ile gelecek çalışmalarına yeni fikirler ekleyen saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Mahir Dursun ve Prof. Dr. İsa Navruz'a,

Deneysel çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen, her sıkıntıya çözüm bulunur dedirten Arş. Gör. A. Erkam Gündüz ve Arş. Gör. Özcan Akçeşme'ye,

Yazım sürecinde takıldığım biçimsel detaylarımda yardımlarını esirgemeyen, sürekli koşturmacalarımın yakınlıkla çay molalarımızda başlarını ağrıttığım canım arkadaşlarım Öğr. Gör. Hediye Sağlam, Öğr. Gör. Ayşenur Sekman ve Öğr. Gör. Eda Güngör'e,

Doğduğum günden bugüne dualarıyla her zaman yanımda olan, başarılarımın en büyük sebepleri, her daim her şeyi yapabileceğimize inanan, yapamayacağımı düşündüğümde omzumda ellerini hep hissettiğim ve bundan sonsuz güç aldığım, kendilerinden önce vatana millete hayırlı evlatlar olmamız için emeklerini, maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen annem Zübeyde Aslan ve babam Zübeyir Aslan'a,

Annem ile babamın bana en güzel hediyesine, canyanım'a, bu süreçte virgüllerin önemli olduğuna inandırdığı, olmaması gereken yerlerdeki virgüllerimi, kelime eklerimi, bağlaçlarımı dikkatlice kaldırdığı ve ait olduğu yerlere koyduğu için, en iyi arkadaşım, dostum, bal prensesim ve artık meslektaşım Züleyha Aslan'a,

Öğrenci-öğretici rollerim arasında sıkıştığım zorlu süreçlerimde tüm kaprislerime, hastalıklarına, mutsuzluklarına, umutsuzluklarına tahammül eden, hayatımı kolaylaştırmak için çaba harcayan, bana olan inancıyla hep yanımda olan hayat arkadaşım, eşim Fatih Akyol'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

## İÇİNDEKİLER

|                                                                            | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------------|-------|
| ÖZET .....                                                                 | iv    |
| ABSTRACT.....                                                              | v     |
| TEŞEKKÜR.....                                                              | vi    |
| İÇİNDEKİLER .....                                                          | vii   |
| ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....                                                  | ix    |
| ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....                                                    | x     |
| SİMGELER VE KISALTMALAR.....                                               | xii   |
| 1. GİRİŞ .....                                                             | 1     |
| 2. WEB TABANLI LABORATUVARLAR .....                                        | 5     |
| 2.1. Sanal Laboratuvarlar.....                                             | 5     |
| 2.2. Uzaktan Erişimli Laboratuvarlar .....                                 | 7     |
| 2.3. Hibrit Laboratuvarlar .....                                           | 10    |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM .....                                                | 13    |
| 3.1. Sistem Mimarisi.....                                                  | 13    |
| 3.2. Yazılım Mimarisi.....                                                 | 15    |
| 4. UYGULAMA PLATFORMU .....                                                | 17    |
| 4.1. MATLAB Tasarım Ortamları.....                                         | 18    |
| 4.1.1. MATLAB GUI.....                                                     | 18    |
| 4.1.2. MATLAB App Designer.....                                            | 22    |
| 4.2. MATLAB Web App Dağıtımı.....                                          | 25    |
| 4.2.1. MATLAB Compiler.....                                                | 25    |
| 4.2.2. MATLAB Web App Server .....                                         | 26    |
| 4.2.3. Kampüs ağında kullanım .....                                        | 29    |
| 5. UZAKTAN ERİŞİLEBİLİR FİBER OPTİK LABORATUVARININ<br>GELİŞTİRİLMESİ..... | 33    |

**Sayfa**

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| 5.1. Randevu Sistemi.....                                   | 33 |
| 5.2. Kullanılan Cihazlar.....                               | 37 |
| 5.2.1. Ayarlanabilir lazer kaynağı (Santec TSL- 210V) ..... | 37 |
| 5.2.2. Anritsu optik spektrum analizörü (OSA) .....         | 43 |
| 5.2.3. Bağlantı arayüzleri .....                            | 47 |
| 5.3. Deneysel Kurulum.....                                  | 49 |
| 5.4. Deneysel Uygulama .....                                | 52 |
| 5.4.1. Manuel ölçüm .....                                   | 56 |
| 5.4.2. Otomatik ölçüm.....                                  | 57 |
| 5.4.2.1. Örnek senaryo .....                                | 58 |
| 6. SONUÇ VE ÖNERİLER .....                                  | 71 |
| KAYNAKLAR .....                                             | 73 |
| ÖZGEÇMİŞ .....                                              | 87 |

## ÇİZELGELERİN LİSTESİ

| Çizelge                                                                                | Sayfa |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Çizelge 1.1. Laboratuvar çeşitleri .....                                               | 3     |
| Çizelge 3.1. Geleneksel laboratuvar ile önerilen uygulama arasında karşılaştırma ..... | 14    |
| Çizelge 4.1. MATLAB Guide ve MATLAB App Designer genel özellikleri.....                | 18    |
| Çizelge 5.1. TLS kontrol komutları .....                                               | 42    |
| Çizelge 5.2. OSA kontrol komutları .....                                               | 45    |
| Çizelge 5.3. Span kararı ölçüm sonuçları .....                                         | 62    |



## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

| Şekil                                                                                                                                         | Sayfa |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Şekil 1.1. Deney ortamı türleri.....                                                                                                          | 2     |
| Şekil 2.1. Sanal laboratuvar yapısı.....                                                                                                      | 5     |
| Şekil 2.2. Uzaktan erişimli laboratuvar yapısı .....                                                                                          | 8     |
| Şekil 2.3. Hibrit laboratuvar yapısı .....                                                                                                    | 10    |
| Şekil 2.4. Çevrimiçi laboratuvarların sınıflandırılması.....                                                                                  | 11    |
| Şekil 3.1. Sistem mimarisi .....                                                                                                              | 13    |
| Şekil 4.1. MATLAB GUI tasarım ortamı .....                                                                                                    | 19    |
| Şekil 4.2. MATLAB App Designer tasarım ortamı .....                                                                                           | 23    |
| Şekil 4.3. MATLAB App Designer’da geliştirilen uygulamanın dağıtımı.....                                                                      | 25    |
| Şekil 4.4. MATLAB Compiler penceresi .....                                                                                                    | 26    |
| Şekil 4.5. Kampüs ağı yapısı.....                                                                                                             | 30    |
| Şekil 4.6. Web ortamı için paketlenmiş dosyalar .....                                                                                         | 30    |
| Şekil 4.7. MATLAB Web App Server ekranı.....                                                                                                  | 31    |
| Şekil 4.8. MATLAB Web App Server anasayfa görüntüsü.....                                                                                      | 31    |
| Şekil 4.9. Uygulamanın Web App Serverda paylaşım görüntüsü .....                                                                              | 32    |
| Şekil 5.1. Fiber optik laboratuvarı web arayüzü .....                                                                                         | 33    |
| Şekil 5.2. Fiber optik laboratuvarı web arayüzünün mobil üzerinde görünümü .....                                                              | 34    |
| Şekil 5.3. Deney randevu ekranı (a) randevu alma süresi geçmiş etkinlik (b)<br>randevu alma süresi aktif etkinlik (c) bilgi giriş ekranı..... | 35    |
| Şekil 5.4. Web arayüzü iletişim şekilleri (a) iletişime geç (b) canlı destek.....                                                             | 36    |
| Şekil 5.5. Web arayüzü etkinlik arayüzü (a) etkinlik bilgisi (b) katılım talebi.....                                                          | 36    |
| Şekil 5.6. Fiber optik laboratuvarı konum bilgisi .....                                                                                       | 37    |
| Şekil 5.7. (a) Gerçek TLS (b) Sanal TLS.....                                                                                                  | 38    |
| Şekil 5.8. TLS cihazının ön paneli.....                                                                                                       | 38    |
| Şekil 5.9. (a) Gerçek OSA (b) Sanal OSA.....                                                                                                  | 44    |

| <b>Şekil</b>                                                                                          | <b>Sayfa</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Şekil 5.10. OSA ön panel görüntüsü.....                                                               | 44           |
| Şekil 5.11. TLS cihazının RS-232 -USB dönüştürücü ile seri bağlantısı .....                           | 47           |
| Şekil 5.12. Anritsu optik spektrum analizörün (OSA) RS-232 -USB dönüştürücü ile seri bağlantısı ..... | 48           |
| Şekil 5.13. X-CTU programı arayüzü.....                                                               | 49           |
| Şekil 5.14. Fiber optik laboratuvarı ortamı blok diyagramı.....                                       | 50           |
| Şekil 5.15. Laboratuvar ortamında kurulan deney seti .....                                            | 51           |
| Şekil 5.16. Erbiyum katkılı fiber yükselteç (a) temel yapı (b) deneysel kurulumu .....                | 52           |
| Şekil 5.17. Laboratuvar yetkilisinin sistem kullanımı akış diyagramı.....                             | 53           |
| Şekil 5.18. Yararlanıcının sistem kullanımı akış diyagramı .....                                      | 53           |
| Şekil 5.19. Uygulamanın Web App Serverda paylaşım görüntüsü .....                                     | 54           |
| Şekil 5.20. Ölçüm akış şeması .....                                                                   | 55           |
| Şekil 5.21. OSA cihazı sinyal çıkış (a) gerçek OSA (b) App Designer görünümü .....                    | 57           |
| Şekil 5.22. Web sitesi deney seçimi.....                                                              | 58           |
| Şekil 5.23. Deneye ait tarih ve saat seçim ekranı .....                                               | 59           |
| Şekil 5.24. Kişisel bilgiler ekranı.....                                                              | 59           |
| Şekil 5.25. Randevu bilgileri ekranı .....                                                            | 60           |
| Şekil 5.26. Kullanıcıya gelen randevu bilgileri ne ait mail görüntüsü.....                            | 60           |
| Şekil 5.27. Laboratuvar yetkilisine gelen randevu bilgilerine ait mail görüntüsü .....                | 61           |
| Şekil 5.28. Span değeri kararı OSA çıktıları.....                                                     | 63           |
| Şekil 5.29. Otomatik ölçüm sonuçları giriş/çıkış değer dosyası kesiti .....                           | 64           |
| Şekil 5.30. Otomatik ölçüm sonuçları çıkış grafikleri .....                                           | 69           |

## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

### Kısaltmalar

### Açıklamalar

**APP**

Aplikasyon

**dBm**

1 mW'la ilgili desibel

**EKFY**

Erbiyum katkılı fiber yükselteç

**MATLAB**

Matrix Laboratuvarı

**mW**

Miliwatt

**nm**

Nanometre

**OSA**

Optik spektrum analizörü

**TLS**

Ayarlanabilir lazer kaynağı

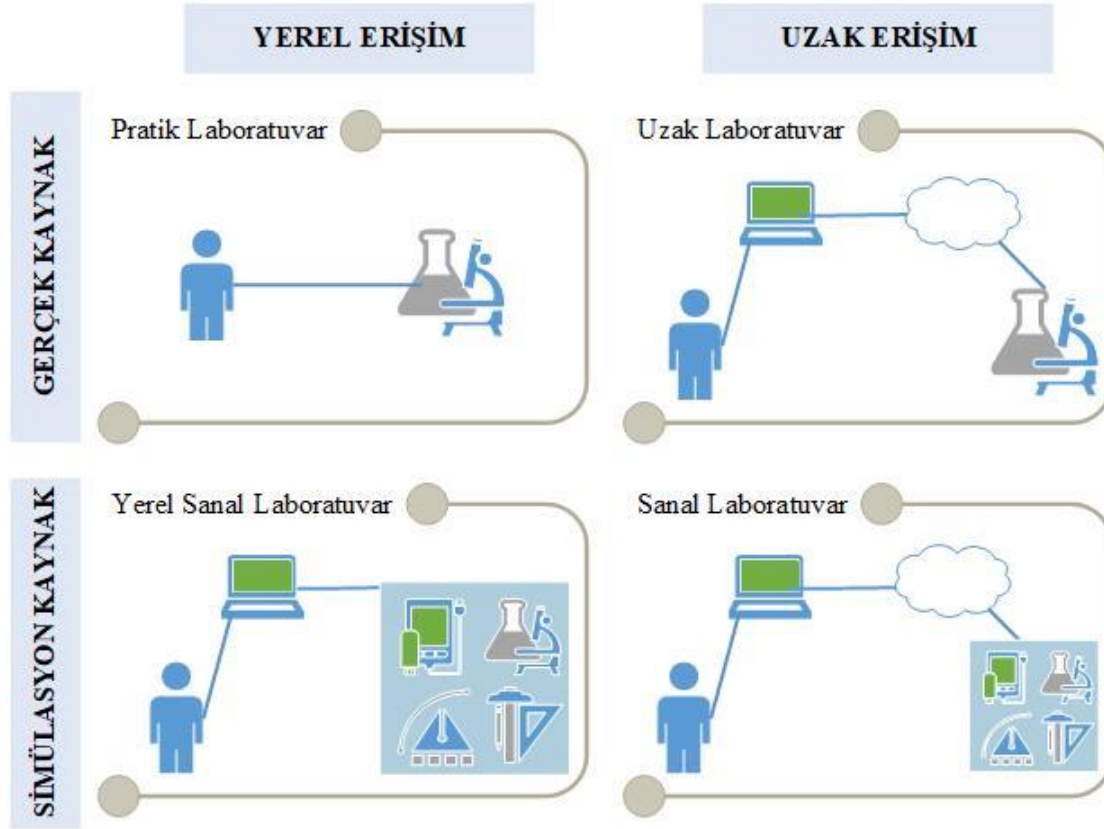
## 1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi ile eğitimin hayat boyu devam etmesini sağlamak için örgün öğretimin yanı sıra yeni öğretim türleri ihtiyacı doğmuştur ve bunlardan biri uzaktan eğitimidir. Özellikle Covid-19 tedbirleri kapsamında, kapalı alan ve sosyal mesafe kısıtlamaları ile uzaktan eğitimin önemi oldukça artmış ve bir gereklilik haline gelmiştir.

Günümüzde internet teknolojileri sayesinde kişilere mekân ve zaman kısıtlaması olmadan öğrenim olanağı sunulmaktadır. Uzaktan eğitim sayesinde gerek eş zamanlı (senkron) gerekse eş zamansız (asenkron) eğitimler yapılabilmektedir. Web sistemlerine gömülen ders içerikleri, videolar ve animasyonlar ile eş zamansız olarak teorik eğitimlerin tamamlandığı, uygulamalı derslerin ise benzetimler ve sanal ortamlar sayesinde gerçekleştirildiği görülmektedir. Eş zamanlı dersler ise uzaktan eğitim öğrencilerinin kullanıcı adı - şifreler veya özel bağlantı yolları (video konferans bağlantıları, kurum ağı iletişimi vs) ile sistemlere giriş yaparak eş zamanlı olarak ilgili dersi öğretmeninden dinlemesi şeklinde gerçekleştirilir[1-2].

Teknik eğitim kurumlarının programlarındaki uygulama ve deneysel süreçlerin olduğu dersler, verilen eğitimin kalitesini arttırdığı gibi öğrencilerin anlatılan konular üzerinde pratik deneyim kazanmalarını da sağlamaktadır. Geleneksel eğitimde bu süreç gerçek laboratuvar ortamlarında sağlanmaktadır. Örgün eğitimin yetersiz olduğu durumlarda ise sanal ve uzaktan eğitimler sayesinde hem geleneksel laboratuvarın maliyet fazlalığı engellenmekte hem de istenilen zamanda ve istenilen sayıda deney yapılması sağlanmaktadır[2].

Bilgisayar sistemleri eğitimdeki fırsat eşitsizliğini ortadan kaldırmakta ve bireylerin geleneksel laboratuvarlarda ulaşamadıkları imkânları bilgisayar ortamına taşımaktadır. Wudke vd. çalışmalarında deney ortamı erişim çeşitlerini yerel veya uzaktan, deney araçlarını ise sanal veya gerçek başlıklarıyla geleneksel laboratuvar, yerel benzetim laboratuvarı, sanal laboratuvar ve uzaktan erişimli laboratuvar olmak üzere dört grupta açıklamıştır[3].



Şekil 1.1. Deney ortamı türleri

Ayrıca, Şekil 1.1’de görüldüğü üzere Heradio vd. çalışmalarında, deney ortamlarının türlerini Wuttke vd. ile aynı yapıyı pratik laboratuvar, yerel sanal laboratuvar, uzak laboratuvar ve sanal laboratuvar olarak farklı isimlendirmelerle 4 farklı grupta incelemiştir[4].

Geleneksel, diğer bir adı ile pratik laboratuvarlarda, deney setinde kişinin geleneksel olarak deney sürecini gerçekleştirmesi sağlanır. Deney yapacak kişi deney setini kendi kurar, deneyi yapar ve tüm süreci ekipman yanında gözlemleyerek gerçekleştirir. Yerel benzetim, diğer bir adı ile yerel sanal laboratuvarlarda ise, kişi deney ekipmanlarını hiç görmeden, deney setinin bir yazılım ile deney arayüzü üzerinden simüle edilmiş, fiziksel olarak var olmayan bir bilgisayar uygulaması üzerinde süreci gerçekleştirir.

Tüm bu ayrımlar içinde ise uzaktan erişimli veya uzak laboratuvar olarak adlandırılan sistemler ve sanal laboratuvarlar, genel bir tanımlama ile web tabanlı laboratuvar olarak da literatürde yer almaktadır. Geleneksel laboratuvarların maliyet, verimlilik, zaman gibi birçok kısıtlılığına karşın ağ haberleştirilmesi ile geleneksel laboratuvarlara alternatif olarak web tabanlı laboratuvarların tasarlanması yaygınlaşmıştır. Bu durum, uzaktan eğitim

yöntemlerinin uygulamalı derslerde kullanılabilirliğini sağlamış ve bu konudaki çalışmaların yaygınlaşmasını hızlandırmıştır. Oluşturulan web tabanlı platformlarda zaman, mekân ve özellikle sanal laboratuvarlar için alet sınırlaması olmadığından daha fazla öğrencinin katılımı sağlanabilmektedir. Ayrıca, aynı platformlar üzerinde sadece uygulamalı dersler değil teorik bilgi içeren derslerin de yapılma olanağı sağlanmaktadır[5-7].

Çizelge 1.1. Laboratuvar çeşitleri

|                |        | Laboratuvara Erişim |                  |               |
|----------------|--------|---------------------|------------------|---------------|
|                |        | Yerel               | Uzaktan          | Yerel-Uzaktan |
| Deney Araçları | Gerçek | Geleneksel          | Uzaktan Erişimli | Hibrit        |
|                | Sanal  | Yerel Benzetim      | Sanal            |               |

Abdülwahed (2011), çalışmasında genel olarak uzaktan erişimli laboratuvar ortamlarında deney görüntüsünün kamera yardımıyla yararlanıcıya ileten laboratuvar ortamlarını uzaktan erişimli laboratuvarlardan ayırarak hans-on (uygulamalı) olarak isimlendirmiştir[8]. Bununla birlikte, Çizelge 1.1’de görüldüğü üzere Wuttke vd. ve Heradio vd.’nin açıkladığı türlere ek olarak hibrit laboratuvar kavramını kullanmıştır.

Dama vd. (2020) çalışmasında Fiber optik bir sistemi MATLAB GUI tabanlı olarak deney setini simüle etmiş ve MATLAB Web Server üzerinden kullanıma açmışlardır[9].

Bu çalışmada ise Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Fiber Optik Laboratuvarında bulunan bazı cihazları uzaktan erişim sağlanmış ve kampüs ağı erişimine açılmıştır. Önerilen yeni sistem literatürdeki ilk uzaktan erişimli fiber optik laboratuvarı olma özelliğini taşımaktadır. Ayrıca sistem aldığı başlangıç değerlerine göre otomatik ölçüm yapan ve çıktıları kayıt altına alan ilk sistemdir. Uygulamaya ek olarak hazırlanan web sayfası ile deney yapımı için randevu alınabilmekte ve gerçek zamanlı olarak laboratuvarında bulunan sorumlular ile iletişime geçilebilmektedir. Uygulama yararlanıcıya/öğrenciye örgün eğitime kıyasla telafi ve tekrar imkânının olması, dünyanın başına gelebilecek afet, salgın hastalık, savaş gibi durumlarda eğitimin kesintiye uğramaması gibi avantajlar sağlamaktadır.

Çalışmanın devamında yer alan 2. Bölümde web tabanlı laboratuvar çeşitlerinden bahsedilmiş ve literatürdeki çalışmaların detayları verilmiştir. 3. Bölümde Materyal ve Metot başlığı altında ise, tasarlanan sistemin tanımlaması ve kullanılacak yazılımın mimarisine yer verilmiştir. 4. Bölümde sistem tasarlanırken kullanılan yazılım platformuna ait genel bilgiler ve platformlar üzerinde yapılan çalışmalara yer verilmiştir. 5. Bölümde ise uzaktan erişilebilir fiber optik laboratuvarın tasarımına, kontrol edilen cihazlara, deneysel kuruluma ve örnek uygulamaya yer verilmiştir. Son bölümde ise çalışmada elde edilen bulgular sunularak gelecekte yapılabilecek çalışmalar önerilmiştir.

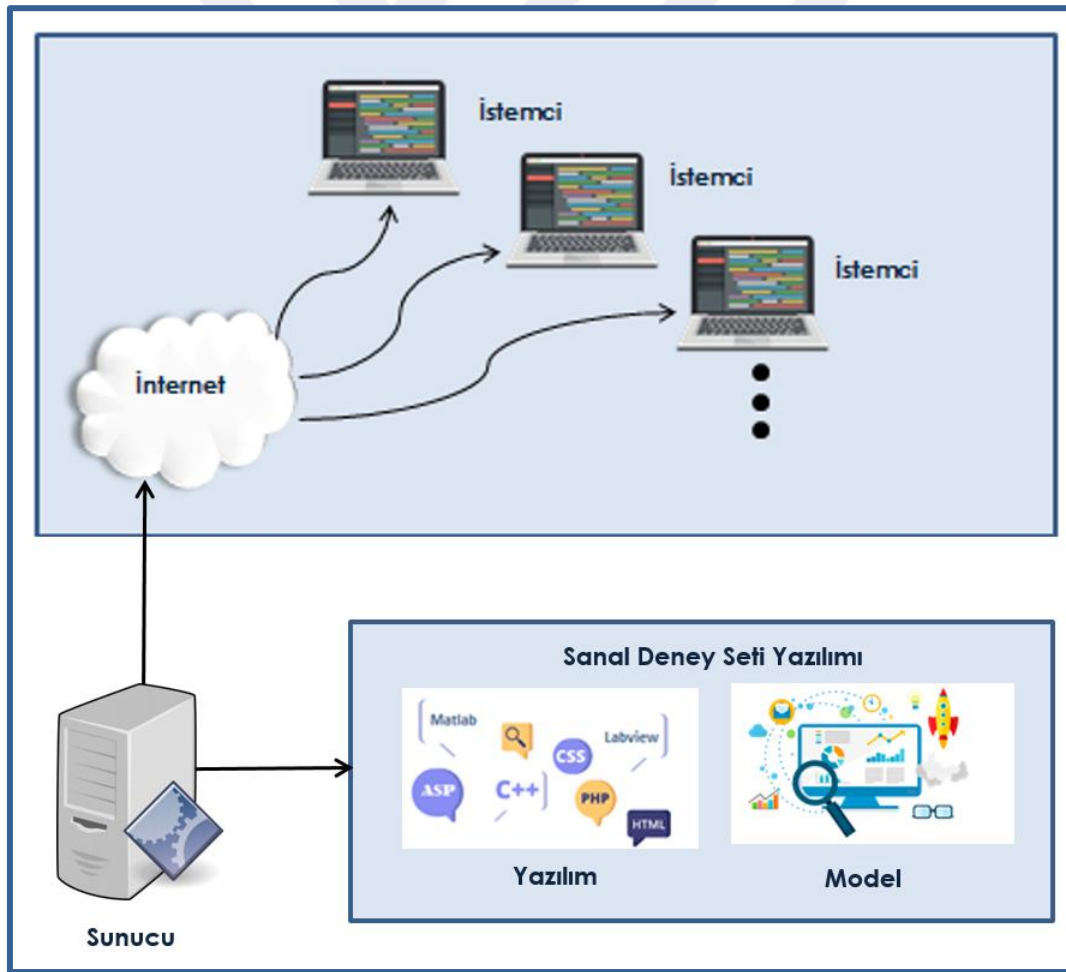


## 2. WEB TABANLI LABORATUVARLAR

Bu bölüm kapsamında web tabanlı laboratuvar çeşitlerinden sanal laboratuvarlar, uzaktan erişimli laboratuvarlar ve hibrit laboratuvarların genel yapılarından bahsedilmiş ve bu alanlarda literatürde yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

### 2.1. Sanal Laboratuvarlar

Sanal laboratuvarlar, internet erişimi ile sanal bir sistem üzerinde birçok kişiye hizmet vermek için oluşturulur. Yani fiziksel sistem bir simüle sistem ile yer değiştirir. Multimedya, ses, görüntü, doküman vb. içeren, belirli bir mantık sırası ve kurallara uygun bir yazılım ile etkileşimli bir simüle sistem tasarlanabilir[10]. Şekil 2.1’de sanal laboratuvarların genel yapısı görülmektedir.



Şekil 2.1. Sanal laboratuvar yapısı

Bilgisayar tabanlı bu benzetimler sayesinde öğrenciler ve yararlanıcılar deneyleri zaman, mekân ve sayı sınırı olmaksızın gerçekleştirebilir. Böylece öğrenciler öğrendikleri teorik bilgileri kolayca pratiğe dönüştürebilirler. Bu durum sanal laboratuvar çalışmalarının sayısının artmasında da önemli bir etkide bulunmaktadır. Ayrıca, teknolojinin ulaştığı noktalarla sanal ortamlarda yapılan benzetimler ile gerçeğe yakın sonuçlar almak mümkündür[11-55].

Literatür araştırması sonucu, sanal laboratuvarlar üzerinde yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında sistemlerin MATLAB, Visual Basic, C++, C#, Java, Python ve Labview gibi yüksek seviyeli diller ile tasarlanmış ara yüz programı üzerinden sağlandığı görülmüştür[11, 12, 15-19, 24-27, 31-53 ]. Özellikle, son yıllarda 3D tasarımlı sanal laboratuvarlara ağırlık verildiği görülmektedir[25,31,45,54-55]. Sanal laboratuvar ortamına genellikle internet aracılığıyla erişim sağlandığı görülmektedir[11, 20, 26-28, 32-49]. HTML tabanlı çalışmaların yanı sıra PHP, ASP, AJAX vb. uygulamaların da tercih edildiği görülmektedir[12, 14-15, 50]. Ayrıca Andersoni vd. (2009) ve Nunez (2010) bulut tabanlı çalışmalar yaparak Amozon AWS console ve Amazon's EC2 alt yapısını kullanmıştır[41, 56]. Çalışmalarda veri tabanı olarak SQL ve Access kullanıldığı görülmektedir[18, 29, 40, 42]. Yerden (2020) çalışmasında sanal gerçeklik tabanlı bir sanal laboratuvar tasarlamış, mobil sistemler üzerinden erişimi sağlamış ve bu laboratuvarın uygulamalı derslerde güvenliği arttırdığını söylemiştir[57]. Bu doğrultuda uygulamalı eğitimler için en kullanışlı yöntemin, tasarlanan arayüz aracılığıyla görselleştirilerek internet üzerinden gerçek deneylerin benzetimler üzerinde yapılmasının sağlanması olduğu görülmüştür.

Sanal laboratuvarlar kapsamında son yılda yapılan çalışmalar incelendiğinde, Lei ve arkadaşları (2022) çalışmalarında lisans düzeyi sistem tanımlama dersi için uzak laboratuvarlar ve MATLAB ile öğretme ve öğrenmeyi tanıtmışlardır. Sistem uygulamasında, ilk önce sınıf öğretiminde, SI ile ilgili teorik dersler öğretmen tarafından öğrencilere verilir ve çevrimiçi deneyler için ağ bağlantılı kontrol sistemi laboratuvarı ile sınıf gösterimi yapılır. Daha sonra laboratuvar çalışmasının öğrenciler tarafından uzak laboratuvar kullanılarak tamamlanması istenir[58].

Guo ve arkadaşları (2022) çalışmalarında, yenilenebilir enerji kaynaklarına sahip mikro şebekeler için web tabanlı bir sanal laboratuvar tasarlanmış ve yenilenebilir enerji eğitimi için kullanmışlardır. Hazırlanan sanal laboratuvar Microsoft .Net Core, LabVIEW ve MATLAB Simulink kullanılarak geliştirilmiştir[59].

Luse ve arkadaşları (2022) çalışmalarında, öğrencilerin 802.11 ağ teknolojilerine ilişkin kavramları sanal bir laboratuvar ortamında uzaktan öğrenmelerini sağlamak için yeni bir hibrit fiziksel/sanal laboratuvar geliştirip test etmişlerdir. Sanal laboratuvar ortamı, 802.11 teknolojilerinin uzaktan kullanılmasını sağlamak için USB 802.11 bağdaştırıcı dizileriyle birleştirilmiş ESXi sanallaştırma teknolojisini kullanır[60].

Ruo Roch ve Martina (2022) çalışmalarında, Torino Politeknik Üniversitesi'nde Elektronik Mühendisliği yüksek lisans ve doktora derecesindeki elektronik dersleri öğrencilerine laboratuvar erişimi sağlamak için kullanılacak özel bir deney panosu tanımlamışlardır ve sanal bir laboratuvar olarak kullanım sağlamışlardır[61].

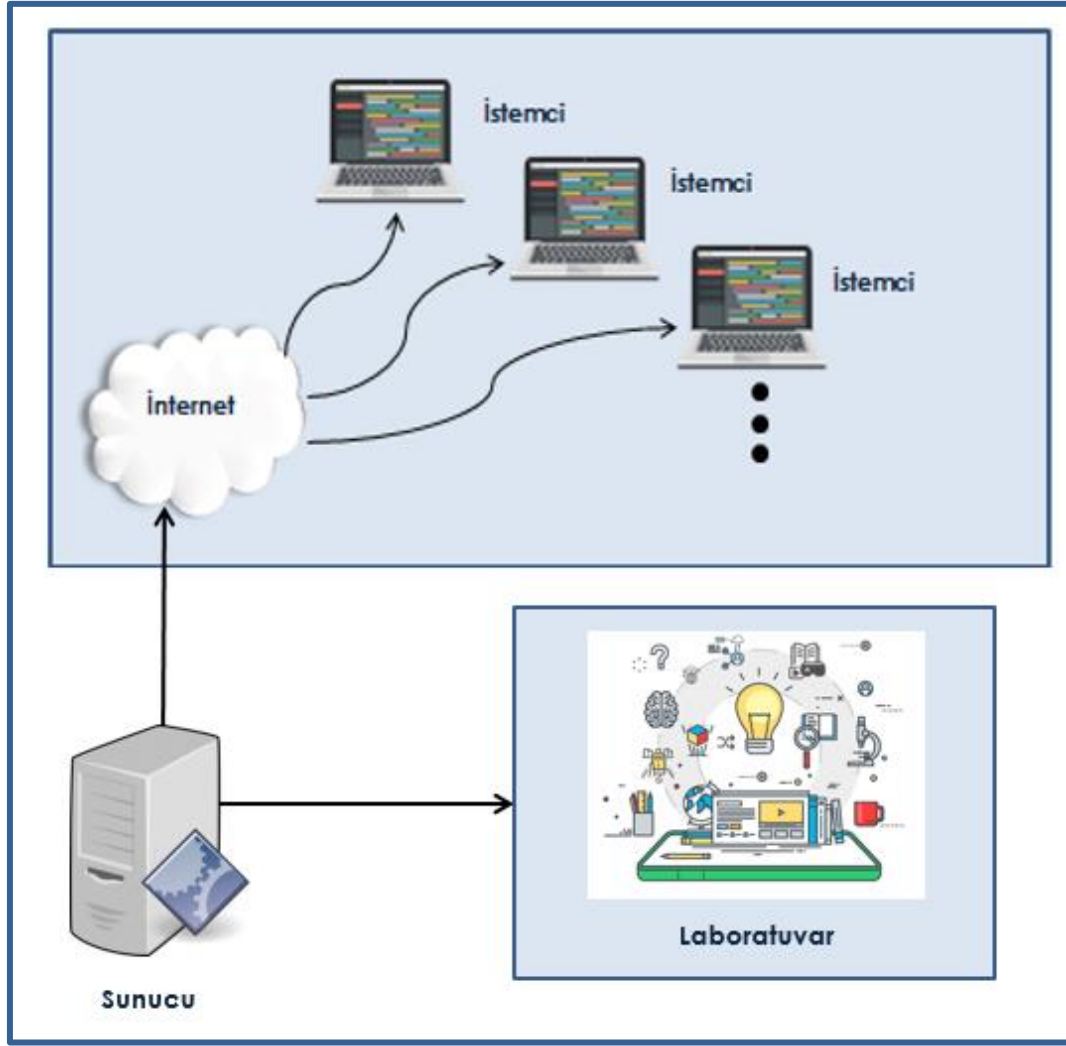
Alsaleh ve arkadaşları (2022) çalışmalarında uygulamalı, sanal ve uzak laboratuvarların geliştirilmesini ve işletilmesini kolaylaştırmak için dijital ikizlerden ve genişletilmiş gerçeklik teknolojilerinden yararlanmaya yönelik bir çerçeve olarak "ReImagine Lab"i önermişlerdir[62].

Lei ve arkadaşları (2021) mühendislik eğitimi kapsamında farklı seviyelerdeki öğrencilerin sınıf gösterimi ve çevrimiçi deney yapma konusunda yararlanabilecekleri 3 boyutlu etkileşimli sanal kontrol laboratuvarı tasarlamışlardır. Öğrencilerin çevrimiçi laboratuvar uygulamasından yararlanabileceklerini desteklenmiştir. Tasarımda 3DS Max ve MATLAB/Simulink kullanılmıştır[63].

Guan ve arkadaşları (2021) çalışmalarında karmaşık süreç kontrol sistemi için 3 boyutlu sanal bir deney önermektedir. Sanal termal deney için güvenilir bir çerçeve sağlayan ağ bağlantılı kontrol sistemi laboratuvarına dayanmaktadır[64].

## **2.2. Uzaktan Erişimli Laboratuvarlar**

Uzaktan erişimli laboratuvarlarda, kişi deney ortamına internet aracılığıyla bağlanarak gerçek deney ekipmanlarını eş-gerçek zamanlı olarak kontrol eder. Kurulan sistemlerde kamera yardımıyla yararlanıcıya deney ortamının görüntüsü iletilebilir ve deney sonuçları bir web sayfası üzerinden alınabilir. Bununla birlikte, tasarımın yapısına göre bir kişi deneyi yönetirken diğer yararlanıcılar da ortamı izleyebilir[65]. Şekil 2.2'de uzaktan erişimli laboratuvarların genel yapısı verilmiştir.



Şekil 2.2. Uzaktan erişimli laboratuvar yapısı

Özellikle, mevcut sistemde mesleki ve teknik eğitim kurumlarında bulunan laboratuvar ortamlarında yapılan geleneksel deneyler için öğrencinin üniversite ya da kurum laboratuvarına bizzat gelerek ve sadece kendine ayrılan zaman aralığında çalışması mümkündür. Diğer bir yandan laboratuvarın boş zamanlarında ise cihaz güvenliği ve teknik destek vermek amacıyla bir kişinin deney laboratuvarında bulunma gereği nedeniyle öğrencilerin laboratuvar kullanım süresi sadece ders ve uygulama saatleri ile sınırlanmaktadır. Bu sebepler de, uzaktan erişimli laboratuvar tanımını ortaya çıkarmış ve çalışmaları arttırmıştır[66-101]. Yapılan çalışmalar yazılımlar açısından karşılaştırıldığında sistemlerin MATLAB, Visual Basic, C++, C#, Python ve Fortran gibi farklı yazılım dillerinin tercih edildiği tasarımlar aracılığıyla ara yüz programı üzerinden sağlandığı görülmüştür[8, 66-76, 80-87, 91-94, 95-101]. Yazılım dillerinin yanı sıra Labview, Weka, Orcad Capture ve Macromedia Flash programlarının kullanıldığı arayüz programları da görülmektedir. Donanımsal olarak incelendiğinde ise uzaktan erişimli laboratuvarlarda hazır

deney setlerine nazaran, genişleme kartlarının daha çok tercih edildiği görülmektedir. Uzaktan erişimli laboratuvarlar üzerinde yapılan literatür araştırmasındaki çalışmalar internet erişimi açısından değerlendirildiğinde ise, uzak masaüstü programları ile ara yüzlerinin kontrolünün sağlanmasından ziyade, yazılan ara yüzleri HTML, ASP ve PHP alt yapısıyla görselliği ön planda tutan yazılımlarla entegre ederek cihazların uzaktan kontrolünün sağlandığı çalışmalarla karşılaşmaktadır. Ayrıca, bazı çalışmalarda web kameralar yardımı ile deney ortamının ve sonuçlarının takibinin yapılabildiği görülmektedir[69-73, 78-80, 82-94].

Uzaktan erişimli laboratuvar kapsamında son yılda yapılan çalışmalar incelendiğinde Racznski (2022) çalışmasında mikrodenetleyici programlama ve elektronik devrelerdeki sınıf örneklerini, öğrencilerin Covid-19 pandemi döneminde evlerinden yapma olasılığı sunan uzaktan erişimli kontrol laboratuvarı tasarlamıştır. Laboratuvar C programlama dili ile programlanmıştır[97].

Monzo ve arkadaşları (2022) çalışmalarında, Katalonya Açık Üniversitesi tarafından tasarlanan ve geliştirilen ve çevrimiçi eğitim gören mühendislik öğrencilerinin gerçek elektronik ve iletişim ekipmanlarıyla her yerde ve her zaman pratik deneyler yapmalarına olanak tanıyan Labview ortamında uzak laboratuvarı sunmuşlardır[98].

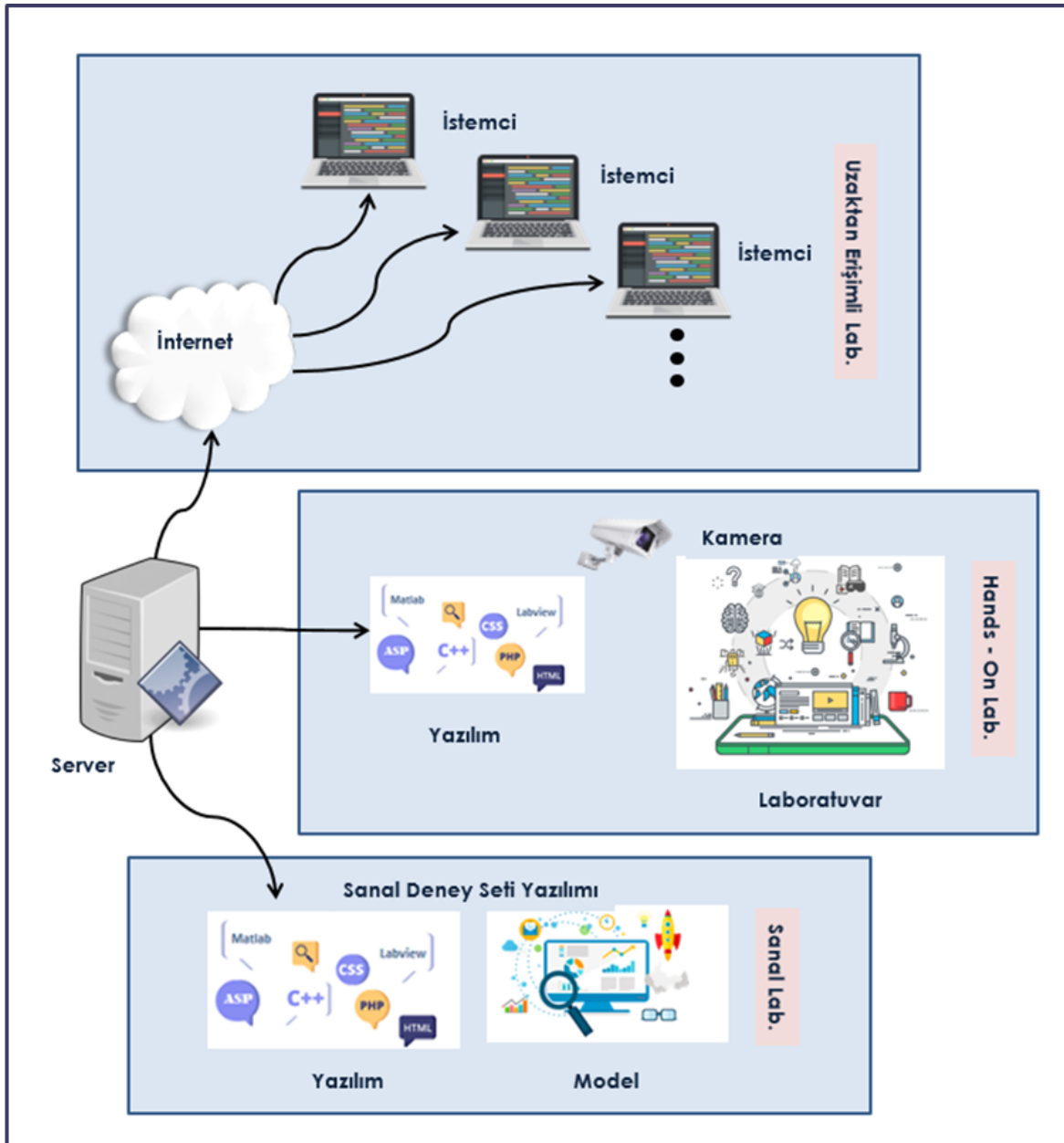
Sotelo ve arkadaşları (2022) çalışmalarında Lab-Tec@Home adlı yayınlanmamış bir eğitim projesini sunmuşlardır. Araştırmalarının amacı lisans düzeyinde uygulamalı kontrol eğitimine erişimi genişletmektir. Burada öğrenciler uygun maliyetli bir laboratuvar kitini evde kolayca toplar ve harici MATLAB/SimulinkTM uygulamasına bağlı kendi bilgi işlem cihazlarında kullanırlar[99].

Domski (2022) çalışmasında Raspberry Pi mini bilgisayarlarda çalışan bir yazılım mimarisi sunmuştur. Yazılım öğrencilerin uzak kaynaklara bağlanmasına ve onlarla etkileşime girmesine izin verir. Ayrıca, yazılım geliştirmeyi ve öğrenme sürecini kolaylaştırmak için uzak kaynakların durumunu izleme hizmeti sunar. Yazılım platformu olarak Python kullanılmıştır[100].

Kam ve arkadaşları (2021) çalışmalarında, uzaktan öğrenme için özel olarak tasarlanmış ve uygulanan bilgi görüntüleme teknolojileri üzerine bir laboratuvar kursu tasarlamışlardır. Öğrencilere gönderilen laboratuvar kitleriyle ledler ile görüntülemeye uzaktan eğitim için bir platform uygulanmıştır[101].

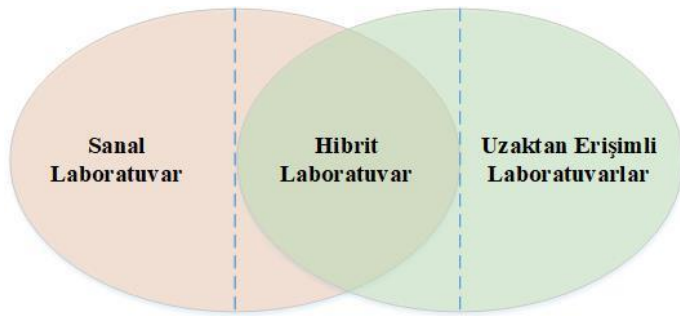
### 2.3. Hibrit Laboratuvarlar

Hibrit laboratuvarlar sanal, uzaktan erişimli ve hands-on laboratuvarların, iki veya üç modu birleştirilerek tek bir yazılım oluşturulan yapılardır. Şekil 2.3'te hibrit laboratuvarların genel yapısı verilmiştir. Abdülwahed tez çalışmasında Labview programını ve Labview Server yapısını kullanarak hibrit model tasarlamış ve hibrit laboratuvarların hem sanal hem uzaktan eğitim laboratuvarların avantajlarını üzerinde taşımasından dolayı en verimli yol olma potansiyelinin yüksek olduğunu savunmuştur[8].



Şekil 2.3. Hibrit laboratuvar yapısı

Guan ve arkadaşları ise çevrimiçi laboratuvarları sınıflandırır iken, uzak laboratuvarlar, sanal laboratuvarlar ve hibrit laboratuvarlar arasındaki ilişkiyi Şekil 2.4'teki gibi göstermiştir[102]. Gerçek laboratuvarlarla karşılaştırıldığında, çevrimiçi laboratuvarların deneysel ekipmanı paylaşabilir ve deneysel kaynakların kullanım verimliliğini artırabilir olduğu, kullanıcıların zaman ve mekân sınırlaması olmaksızın çevrimiçi laboratuvarlar aracılığıyla deneylerin doğruluğunu yapabilmelerinin belirgin avantajı olduğunu söylemişlerdir.



Şekil 2.4. Çevrimiçi laboratuvarların sınıflandırılması



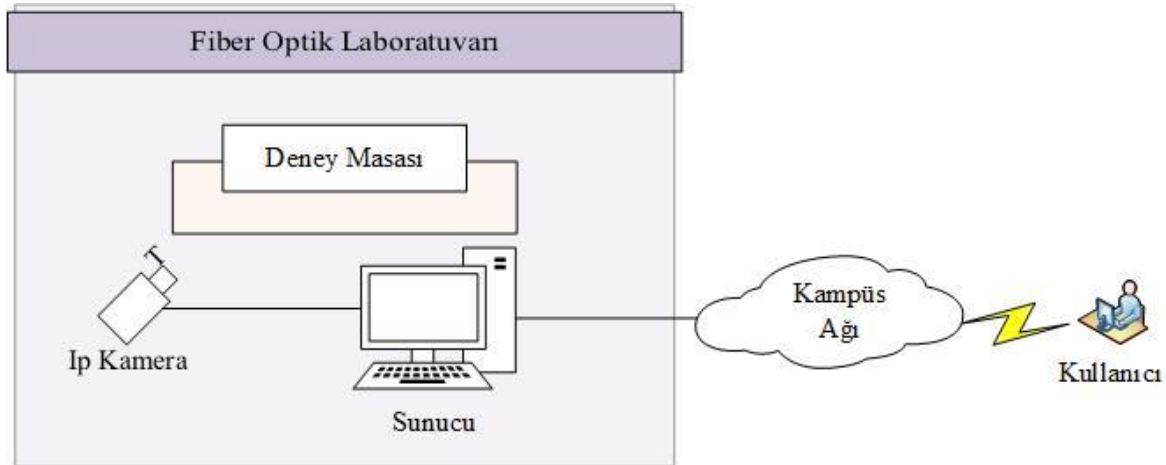
### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde hazırlanan uygulamanın sistem ve yazılım mimarisi hakkında genel bilgiler verilmiştir.

#### 3.1. Sistem Mimarisi

Yapılan literatür çalışması sonucunda, web tabanlı laboratuvarların genel olarak eğitimde fırsat eşitliği sağlayarak, maliyet, zaman ve yer kısıtlaması olmadan çalışmaları kolaylaştırdığı görülmüştür. Bu faydalar göz önüne alınarak yüksek kurulum maliyeti, uzun deney süreçleri, mesafe ve zaman kısıtlılığını aşmak adına Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi bünyesinde bulunan Fiber Optik Laboratuvarı için kampüs ağı kapsamında erişilebilen gerçek zamanlı çalışılabilen, uzaktan erişimli, web tabanlı laboratuvar tasarlanmıştır. Hazırlanan yazılımın ilk etapta kampüs ağı üzerinde kullanılması amaçlanmaktadır.

Şekil 3.1’de görüldüğü üzere, kampüs ağında var olan ve sunucu olarak çalışacak ana bir makine ve istemci/istemciler bulunmaktadır. Bu noktada, sunucu olarak kullanılacak ana makinede gerekli yazılımlar kurulmuş ve kampüs ağına açılmıştır. İstemci/istemciler ise herhangi bir program kurulumu gerekmeksizin internet tarayıcısı aracılığı ile sunucu makine üzerinden programa erişerek kullanabileceklerdir.



Şekil 3.1. Sistem mimarisi

Çizelge 3.1’de kurulan sistem ile geleneksel laboratuvar arasında genel bir karşılaştırma yapılmıştır. Uygulama özellikle laboratuvar maliyetini düşürmektedir. Uzaktan erişim

sayesinde laboratuvarda bulunma kısıtlılığını ortadan kaldırır ve cihazların uzaktan kontrolü ile gerçek deney hissi sağlar. Ayrıca deneysel çıktıları saklama kolaylığı sunmaktadır.

Çizelge 3.1. Geleneksel laboratuvar ile önerilen uygulama arasında karşılaştırma

|                          | <b>Geleneksel Laboratuvar</b>                                                                                  | <b>Web Tabanlı Fiber Optik Laboratuvarı</b>                                                                                                                                                  |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Elle tecrübe etme</b> | <i>Gerçek deney ekipmanları ile temas vardır.</i>                                                              | <i>Gerçek cihazlar kontrol edilebilmesi ve kamera ortamı ile deney masası izlenebilmesinden dolayı gerçeğe çok yakındır.</i>                                                                 |
| <b>Deney Özgürlüğü</b>   | <i>Sonuca bağlanmamış, anlık değiştirilebilir deney seti mümkündür. Laboratuvar hizmetleri ile sınırlıdır.</i> | <i>Laboratuvar ortamına bağlanmadan önce kurulan deney seti ve seçenekler ile sınırlıdır.</i>                                                                                                |
| <b>Maliyet</b>           | <i>Kullanılan cihazların maliyeti çok yüksek olduğundan çok sayıda laboratuvar kurulum imkânı azdır.</i>       | <i>Kurulu olan tek laboratuvarda kullanılmak üzere, programın tasarlandığı yazılıma ait tek lisans üzerinden kampüs içi farklı yer ve zamanda kullanım sağladığından maliyet daha azdır.</i> |
| <b>Erişim Sınırları</b>  | <i>Öğrenci laboratuvar süresinde deneyi tamamlar.</i>                                                          | <i>Sınır yoktur, uzak erişim sağlandığından kullanıcı deney tamamlama sürecini, mekânını kendi belirler.</i>                                                                                 |
| <b>Denetleme</b>         | <i>Laboratuvar sorumluları sorular için bulunabilir.</i>                                                       | <i>Laboratuvar sorumluları sorular için bulunabilir.</i>                                                                                                                                     |
| <b>Çıktılar</b>          | <i>Deneysel çıktılar el yöntemi ile kaydedilir.</i>                                                            | <i>Deneysel çıktılar yazılım üzerinden kaydedilebilir.</i>                                                                                                                                   |

### 3.2. Yazılım Mimarisi

Fiber Optik Laboratuvar tasarlanırken, MATLAB App Designer tercih edilmiştir. Gelişmiş bir tasarım ortamına sahip olan MATLAB App Designer, çeşitli alanlarda programlama yapılmasını sağlayan güçlü bir editör sağlaması, MATLAB Compiler aracılığı ile kolaylıkla yazılımların masaüstü veya web tabanlı uygulamalar haline getirebilmesi, uygulamaların dağıtımını ve erişimini kolaylaştırması gibi avantajları vardır[103-105].

Literatürde, uzak erişime açılan laboratuvarlar bir programlama dilinin yanı sıra web programlamaya da ihtiyaç duymaktadır. Yapılan uygulamada, bunun aksine, bir yazılım üzerinden hem yerel olarak laboratuvar ortamında cihazların kontrolü sağlanabilir, hem de MATLAB R2020a sürümü ile istikrarlı hale gelen MATLAB Web App Server sayesinde tek bir ağ kapsamında, tek bir sunucu makine ile birçok kullanıcıya yazılıma erişim ve kullanım olanağı da sağlanabilir. Kullanılan platformun diğer detayları 4. Bölümde anlatılmıştır.



#### 4. UYGULAMA PLATFORMU

MATLAB, ilk defa 1985 yılında Cleve Barry Moler tarafından geliştirilmiş bir paket programlama dilidir. İngilizce MATrix LABoratory kelimelerinin ilk üç harflerinin bir araya gelmesi ile oluşmuştur. Özellikle matris içerikli matematik işlemlerinin bilgisayar ortamında çözümlenmesinde ön plana çıkmıştır. MATLAB platformu üzerinde günümüze kadar yapılan gelişmeler ile Sayısal Çözümleme, Bulanık Mantık, Veri İnceleme, Sinyal Analizi, Benzetimler, İstatiksel Hesaplamalar, Kontrol Sistemleri, Biyoenformatik vb birçok alanda çözüm sunabilecek olanaklara sahiptir[106-107].

MATLAB, üzerinde yapılacak bir projenin ihtiyaçlarını karşılayacak geniş bir altyapıya sahip olmasına rağmen projelerin gerekliliklerine göre yetersiz kalan yapılar için ise farklı platformlarla birleştirilebilme olasılığı sunar. Bu özelliği sayesinde özellikle mühendislik alanlarında kullanım alanı çok genişlemiştir. Platformun tüm işletim sistemlerinde çalıştırılabilir olması, görsel nesneler ve kod yapıları kullanılarak programlama yapılmasına imkân sunması, çalışma alanı için esneklik sağlayan önemli avantajlarındanıdır. Ayrıca geliştirilen programlar için, MATLAB kurulumu gerektirmeksizin diğer bilişim sistemlerinde kurulabilir veya çalıştırılabilir olma, çalıştırılabilir dosyaların harici bellekler aracılığıyla taşınabilme veya programlara internet üzerinden uzaktan erişilebilme gibi ayrıcalıkları da vardır. MATLAB yazılımı, yapılan her yeni sürüm kurulumlarında yeni özelliklerle genişlemektedir. Bütün özellikleri kapsayacak şekilde kurulum yapıldığı takdirde sistemin belleğinde büyük alan kaplayabilir. Bu sebepten dolayı çalışma esnasında programdan ve kurulu bilişim sisteminden verim alabilmek için işlem gücü ve bellek kapasitesi üstün performans gerektiren bilgisayarların varlığına ihtiyaç duyabilir. Platformun özellikle internet tabanlı uzaktan erişilebilen bir bilişim sisteminde çalışabiliyor olması performans kısıtlamasını büyük anlamda ortadan kaldırmaya yardımcı olur[107].

Bölüm kapsamında MATLAB yazılım ortamı kullanılarak yapılmış çalışmalara ait araştırmaların sonucu olarak elde edilen bilgilere yer verilmiş ve tasarım ortamları tanıtılmıştır. Ayrıca sistemin kampüs ağında kullanımı için gerekli olan MATLAB Web App dağıtımından da bahsedilmiştir.

#### 4.1. MATLAB Tasarım Ortamları

MATLAB, sistem kullanıcılarına etkileşimli uygulamalar geliştirmek için MATLAB Guide (GUI) ve MATLAB App Designer olarak iki farklı tasarım ve kod geliştirme ortamı sunmuştur. Çizelge 4.1’de GUI ve MATLAB App Designer a ait genel özellikler verilmiştir. Burada görüldüğü üzere ilk tasarım programı olarak MATLAB 5.0 sürümü ile GUI tasarım ortamı tanıtılmıştır. Daha sonra ise MATLAB R2016a sürümü ile App Designer ortamı tanıtılmıştır. Çizelge incelendiğinde GUI ortamı için çalışma dosyası “figure” olarak tanımlanmış iken App Designer için Çalışma dosyası ise “uifigure” olarak tanımlanmıştır. Dosya uzantıları ise GUI için “.fig” ve App Designer için “.mlapp” olarak verilmiştir.

Çizelge 4.1. MATLAB Guide ve MATLAB App Designer genel özellikleri

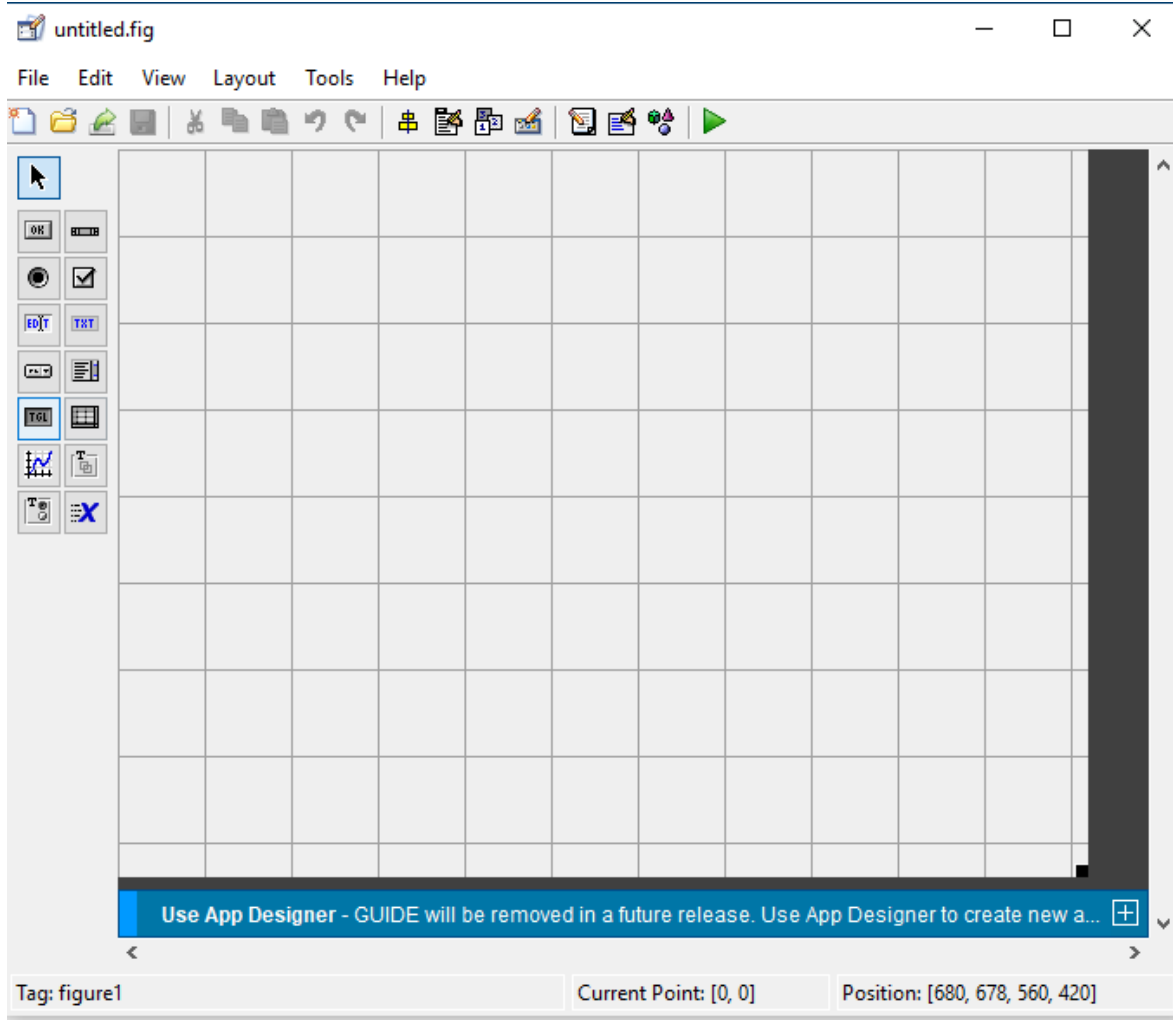
|                               | Tanıtım Sürümü | Çalışma Ortamı | Dosya Uzantısı |
|-------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| GUIDE<br>(GUI Tasarım Ortamı) | 5.0 (1996)     | figure         | .fig           |
| APP Designer                  | R2016a         | uifigure       | .mlapp         |

GUI’de yapılmış programlar çeşitli dönüştürme yolları ile App Designer ortamında kullanılabilir. Fakat App Designer ortamı GUI’ye göre daha gelişmiş bir platform olduğundan dönüştürme sonrasında tasarlanan uygulama tasarımında ve kod yapısında bazı sınırlılıklar ile karşılaşmaktadır[103-104].

##### 4.1.1. MATLAB GUI

MATLAB GUI ortamı, kullanıcının uygulama tasarımı yaparken görsel simgeler ve grafik göstergeler kullanarak işaretleme ve tıklama kontrolü sağlar. Yazılımcı dışında uygulamayı kullanacak kişilerin, sistemi çalıştırmak için bir programlama dilini öğrenme, hakim olma veya komut yazma ihtiyacını ortadan kaldırır. Ortam ayrıca kullanıcının cihazlarla görsel veya kod yapıları ile etkileşimli bir şekilde çalışmasını sağlayan bir arayüzdür. MATLAB GUI tasarımları, MATLAB Guide tasarım ortamı ve M-File programlama editörü kullanılarak yapılabilir[108-109].

MATLAB GUI uygulama tasarımları, figür üzerinde objelerin sürükle-bırak şeklinde konumlandırılması ve her objeye ait özelliklerin açılır pencerelerde düzenlenmesi mantığına dayanır[108-109]. Şekil 4.1’de MATLAB GUI tasarım ortamının genel görünümü verilmiştir. Şeklin sol tarafında kullanılabilecek objelere ait araç kutuları verilmiştir.



Şekil 4.1. MATLAB GUI tasarım ortamı

M-File ile uygulama tasarımı yapısında ise tüm GUI tasarım objeleri ve objelere ait “callback” komut bölümlerinin yazılması tamamen program kodları aracılığıyla yapılır. M-File kullanımında tüm tasarım ve uygulama alt yapısı kod yazımları ile yapıldığından dolayı teknik anlamda üst düzey programlama bilgisine ihtiyaç duyulabilir[108-109].

Yapılan literatür taraması sonucu MATLAB GUI tabanlı geliştirilen uygulamalar üzerinde çalışan araştırmacıların, uygulama tasarımlarını oluştururken M-File ile kod temelli dosyalar ile oluşturmaktansa guide tasarımlarına öncelik tanıdıkları görülmüştür. Matworks firması, MATLAB GUI platformuna yeni özellikler eklemeyi durdurduğunu ve interaktif tasarım yapmak için MATLAB App Designer yapısının her geçen gün daha da geliştirildiğini duyurmuştur[103-104]. Fakat daha önceden tasarlanmış GUI tabanlı uygulamaların da App Designer yapısına aktarılarak kullanıma uygun hale getirilebilmesi için kullanım kılavuzları yayınlanmıştır[110].

MATLAB GUI platformunda geliştirilmiş uygulamalara dair yapılan literatür araştırmalarından örnekler aşağıda verilmiştir. Genel olarak kontrol sistemleri veya benzetim tabanlı sistemlerin tasarlanması üzerinde yapılan çalışmaların çokluğu dikkat çekmektedir.

Rodriguez(1998) çalışmasında, MATLAB GUI araçlarını kullanarak doğrusal olmayan yığın filtrelerinin toprak bilim adamları tarafından kullanımını kolaylaştırmak için uygulama tasarlamıştır[111].

Tosun (2008) çalışmasında, yük akış simülatörü tasarlamış ve MATLAB GUI platformu kullanılmıştır. Tasarlanan sistemin güç sistemleri analizi dersinde kullanımı amaçlamıştır. Uygulama üzerinde admitans ve empedans matrisleri kullanılarak yük akış analizi yapılmış ve sonuçta ulaşılan değerler teorik bilgiler ile karşılaştırmıştır[112].

Koç (2008) çalışmasında, MATLAB GUI tabanlı enerji iletim hatlarındaki arızaları hesaplayabilmek için program tasarlamışlardır. Yazılım kapsamında asimetrik ve simetrik arızalar hesaplanmış ve sinyaller çizdirilmiştir. Elde edilen verileri eğitimde materyal olarak kullanılabilir duruma getirmiştir[113].

Turhan (2011) çalışmasında, MATLAB GUI tabanlı kablosuz algılayıcı ağlardan alınan verilen görüntülenmesini sağlayan bir uygulama tasarlamıştır[109].

Carrero (2011) çalışmasında, Elektromanyetik Alan Testi ve Simülasyonu Laboratuvarı'nda gerçekleştirilen moment yöntemleri, radyasyon ve saçılma problemleri için MATLAB GUI tabanlı bir uygulama tasarlamıştır ve sonuçlarını grafikler ile göstermiştir[114].

Yıldırım (2013) çalışmasında, MATLAB GUI platformunda elyaf takviyeli kompozit malzemelerle ilgili mühendis ve akademisyenleri teknik açıdan bilgilendirilmelerini sağlayabilecek arayüz tasarlamıştır[115].

Bohra (2014) çalışmasında, MATLAB GUI tabanlı fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme verilerinin sezgisel, hızlı ve verimli analiz edilmesini sağlayan araç kutusu tasarlanmıştır[116].

D. H. Hussein (2015) çalışmasında, MATLAB GUI tabanında Irak/Kerkük için ambulanslarda yönetim sistemi olarak kullanılmayı amaçlayan bir arayüz oluşturmuştur. Uygulamanın temel amacı ambulansın kaza yerine ulaşması ve kaza yerinden hastaneye

ulaşabilmesi için arası ihtimaller dâhilinde olan tüm yol güzergâhını hesaplayıp şehir haritası üzerinde göstererek, gidilebilecek en ideal güzergâhı bulmaktır[117].

Kaya (2017) çalışmasında, MATLAB GUI tabanlı elektrik-elektronik mühendisliği kapsamında endüstriyel çalışmalar ve ev kontrol uygulamalarında sık kullanımda olan anahtarlama teknikleri için benzetim ortamı tasarlamıştır[118].

Nimbekar (2018) çalışmasında, arduino kartlarını kullanarak bilgisayar mühendisliği alanında kullanılmak üzere MATLAB GUI tabanlı ve web tabanlı uzaktan erişilebilir deneysel laboratuvar tasarlamıştır. Ayrıca uzaktan erişim sağlayarak deney yapabilen kullanıcılara IP kamera ile deney ortamını canlı olarak izleyebilecekleri bir ortam sağlanmış ve gerçek zamanlı takip sistemi sağlanmıştır[119].

Rannulu (2019), çalışmasında MATLAB GUI platformunda diş tedavilerinde iyileştirme yapmak için bilgisayarlı tomografi görüntülerinin üç boyutlu kaydedilmesini, işlenmesini ve analiz edilmesini sağlayan bir sistem arayüzü tasarlamıştır[121].

Senevirathne (2019) çalışmasında bir güç sistemi üzerinde arıza ile karşılaşıldığında vereceği tepkilere ilişkin olası durumları incelemiş ve MATLAB GUI tabanlı bir benzetim oluşturmuştur[122].

Hadocek (2020) çalışmasında, MATLAB GUI platformunda lazer tarama sistemi için bir arayüz tasarlamıştır[123].

Tao ve arkadaşları (2021) çalışmalarında bir yüksek gerilim mühendisliği kursunun bir parçası olarak, bir Çin Üniversitesi'ndeki mühendislik lisans öğrencilerine, bir ferreazonans devresini modellemek için MATLAB GUI üzerinde bir simulink işleviyle birleştiren bir öğretim uygulaması geliştirmişlerdir[124].

Seyyedbarzegar ve Khodsuz (2021) çalışmalarında, güç elektrik sistemlerinde anahtarlama ve yıldırım aşırı gerilimlerine karşı koruyucu cihazlar olarak yaygın bir şekilde kullanılan metal oksit parafudrların farklı çalışma koşulları altındaki performansı MATLAB GUI ortamı kullanılarak incelenmiştir[125].

Lopes ve arkadaşları (2021) çalışmalarında kafes kirişler, çerçeveler ve ızgaralar gibi tek boyutlu eleman modellerinin yapısal analizi için MATLAB GUI ile etkileşimli kullanıcı arayüzü oluşturmuşlardır[126].

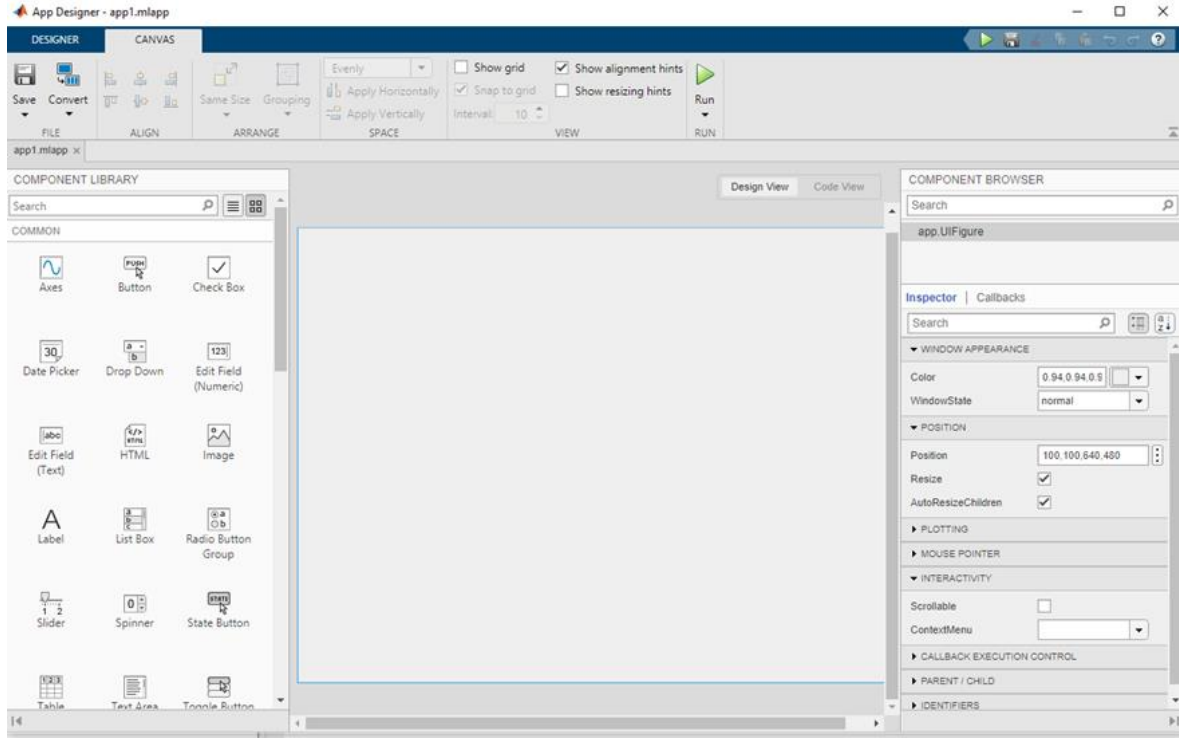
Aunkaew ve arkadaşları (2021) çalışmalarında MATLAB GUI ile hazırlanmış, kullanıcıların yerel arama (LS), tabu arama ve parçacık sürüşü optimizasyonu algoritmalarının davranışını keşfetmek için kullanabilecekleri çeşitli topoloji optimizasyon algoritmalarının benzetimi için eğitici bir grafik kullanıcı arayüzü sunmuşlardır[127].

Freyemuth ve arkadaşları (2022) çalışmalarında, MATLAB GUI platformu kullanarak, su dalgası mekaniği üzerine uygulamalı deneyler yapmak için sanal bir laboratuvar tasarlamışlardır[128].

Yin ve arkadaşları (2022) çalışmalarında MATLAB GUI ortamında Hong Kong Politeknik Üniversitesi'nde jeoteknik mühendisliğinde uygun bilgisayar destekli eğitim platformu geliştirmişlerdir[129].

#### **4.1.2. MATLAB App Designer**

App designer platformu ortaya çıktığı ilk zamanlarda, GUI platformuna göre görsel açıdan daha yüksek kaliteye sahip araçları olmasına rağmen, kararlı çalışmaması ve faydalanabilecek kaynakların az olmasından dolayı projelerde çoğunlukla GUI ortamına öncelik verildiği görülmektedir. Ancak son yıllarda Matworks grubun GUI platformuna güncellemelerin ve farklı özelliklerin gelme durumunun ortadan kaldırılacağını duyurması ve App designer ortamının sürekli geliştirilmesi, farklı bilimsel alanlara destekler sağlaması ile ön plana çıkan ve tercihleri değiştirmeye başlayan uygulama geliştirme ortamı olmaya başlamıştır. GUI'den farklı olarak MATLAB App Designer, bilhassa daha geniş bir araç kutusuna ve daha çözümücü bir programlama editörü olması, MATLAB Compiler aracılığı ile masaüstü çalıştırılabilir uygulamaların veya web tabanlı uygulamaların oluşturulması, oluşturulan uygulamaların paylaşımı ve uygulamalara olan erişim kolaylığının sağlanması gibi avantajları vardır[103, 104, 130]. Özellikle MATLAB R2020a sürümü ile gelen yeniliklerde App Designer aracılığıyla hazırlanan projelerin dağıtımı için yapılan kullanım kolaylıkları, App Designer yapısının kullanımı daha çekici hale getirmeyi başarmıştır. MATLAB App Designer tasarım ortamına ait genel görünüm Şekil 4.2'de verilmiştir. Şeklin sol tarafında kullanılacak araçların bulunduğu bileşen kütüphanesi, sağ tarafında ise her bileşene ait renk, metin, boyutlandırma özelliklerin değiştirebileceği ve komut alanlarının açılabilceği bölümler bulunmaktadır.



Şekil 4.2. MATLAB App Designer tasarım ortamı

MATLAB App Designer platformunda yapılmış literatürde bulunan örnek çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Kerem (2018) çalışmasında MATLAB App designer platformunda, rüzgârın hızını ve gücünü varsayımlarda bulunarak tahmin modeli geliştirmiştir[131].

Karaş (2019) çalışmasında MATLAB App designer platformunda tahmine tabanlı işlevsel denetimin temeli olan öngörü alanını incelemiş ve uygulama tasarlamıştır[130].

Kumar (2020), çalışmasında, çok elemanlı rezonans için MATLAB App designer platformunda analitik tabanlı arayüz tasarlamıştır. Uygulama üzerinde edinilen sonuçları doğrulamak için deneysel çalışmalar yapmıştır[132].

Macri ve arkadaşları (2020), çalışmalarında MATLAB App designer platformunda tasarladıkları uygulama ile kullanıcıların lineer/lineer olmayan verim noktalarının ve deneysel kesme noktalarının en uygun hale getirmek için hesaplamalar yapılmasını sağlamışlardır[133].

Bakosova, Krmela ve Handiririk (2020) çalışmalarında, düzlemsel kafes yapılarının hesaplanmasında sonlu elemanlar metodu kullanarak MATLAB App Designer ortamında programlanmış bir uygulama geliştirmişlerdir[134].

Fernandez ve arkadaşları (2020) çalışmalarında, MATLAB App Designer platformunda tasarladıkları ve uyguladıkları bir benzetim sistemi ile mikrodalga fotonik filtrenin frekansını hesaplamışlardır. Hazırlanan uygulama ile lisans öğrencilerinin sınıf ortamında optik iletişim çalışmalarını tamamlamalarına olanak sağlamıştır[135].

Xiao ve arkadaşları (2020), çalışmalarında, cilt görüntülerinin analizini gerçekleştirecek bir uygulama yapmışlardır. Uygulama MATLAB App designer platformu kapsamında bulunan makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak geliştirilmiştir[136].

Inostroza ve arkadaşları, MATLAB App Designer platformu kullanılarak endüstriyel süreçler için fenomenolojik modeline, tesisin çalışma koşullarına ve bunların parametrelerine göre bir arayüz geliştirmişlerdir[137].

Mabuggwe ve Morsi (2021) çalışmalarında MATLAB App designer yazılımı kullanılarak konut müşterileri ve tüketicileri için perakende elektrik sağlayıcı planı seçimi için akıllı bir araç tasarlanmış ve geliştirilmiştir[138].

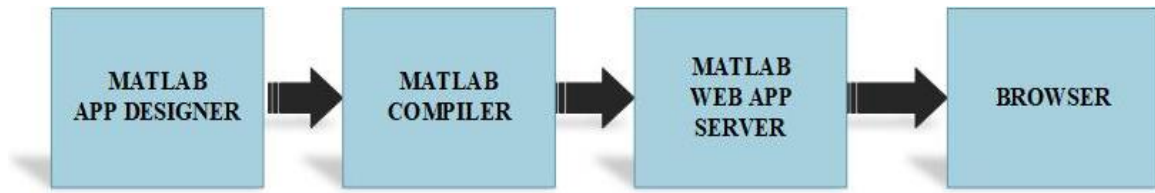
Tong ve arkadaşları (2022) çalışmalarında yapay sinir ağı algoritmasına dayalı çok uzunlamasına modlu bir fiber lazer sensör sistemi önermişlerdir. MATLAB App Designer aracı, geniş bant frekans spektrumunu, vuruş frekansı sinyali ve değere karşılık gelen sıcaklık değişimini görüntülemek için kullanılmıştır[139].

Ma ve arkadaşları (2022) çalışmalarında MATLAB App designer kullanarak trafik gürültüsünü analiz etmek için benzetim bir platform oluşturmuşlardır[140].

Ding ve arkadaşları (2022) çalışmalarında MATLAB App designer ortamında derin öğrenme araç kutusu ve FIBlock kullanılarak uygulanan yeni bir platform sunmuşlardır. Platform birkaç gelişmiş derin öğrenme tabanlı anormallik algılama yöntemini bir araya getirir ve kullanıcının çok çeşitli parametreleri özelleştirmesine olanak tanır[141].

## 4.2. MATLAB Web App Dağıtım

MATLAB yazılımının R2020a sürümü ve sonrasında, MATLAB App designer platformunda geliştirilen bir uygulama, MATLAB Compiler ile paketlenerek ve MATLAB Web Server üzerinde barındırılarak bir tarayıcı aracılığı ile ulaşılabilir bir web uygulaması haline getirilebilir. Bu yöntem ile geliştirilen uygulamanın kullanıcılara dağıtım yapılabilir. Dağıtım yapılan uygulamalara kullanıcılar, sistemlerinde herhangi bir MATLAB kurulumu ve lisans ihtiyacı olmadan kendi bilgisayarları üzerinden ulaşabilirler. Dağıtımda olan uygulamalar masaüstü veya web uygulaması olarak kullanılabilirler[142].



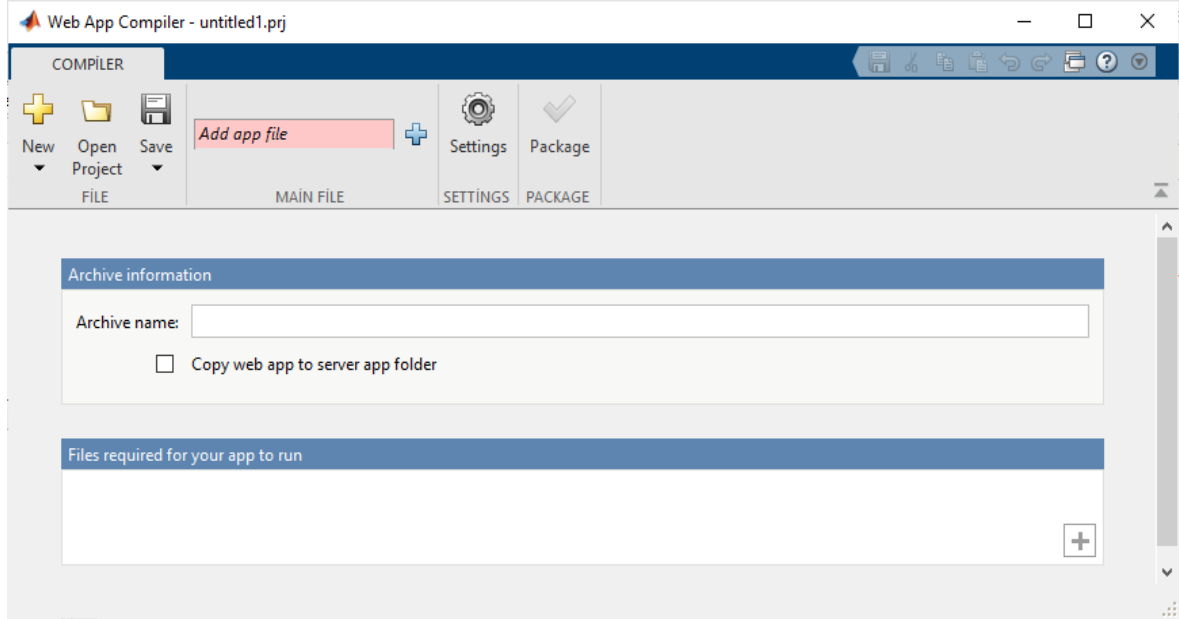
Şekil 4.3. MATLAB App Designer’da geliştirilen uygulamanın dağıtım

Şekil 4.3’te MATLAB App Designer ile geliştirilen bir uygulamanın dağıtım iş akışı verilmiştir. Geliştirilen uygulama ilk önce MATLAB Compiler aracılığı ile etkileşimli bir şekilde paketlenir. Paketlenen uygulama dağıtım açılmak üzere MATLAB Web App Server üzerinde barındırılır ve kullanıcılar herhangi bir tarayıcı aracılığıyla geliştirilen uygulamalara ulaşabilirler. Bu dağıtım şekli, MATLAB uygulamalarının gerek benzetim gerekse gerçek zamanlı olarak etkileşimli web uygulamaları olarak kullanılmasına olanak sağlar[142-143].

### 4.2.1. MATLAB Compiler

MATLAB App Designer ile geliştirilmiş olan uygulama dosyalarını herhangi bir telif uygulanmadan paketleyerek sisteme bağlı olma durumunu ortadan kaldırır. MATLAB Compiler ile oluşturulmuş paket uygulamalar web tabanlı olarak çalıştırılabilir. Son kullanıcılar bu sayede kişisel bilgisayarlarında yazılım kurulumu gerektirmeksizin kurum ağlarında, her hangi bir tarayıcı üzerinde uygulamalara rahatlıklara erişip kullanabilirler. Ayrıca MATLAB uygulamalarının diğer programlama dilleri ile bütünleşmiş bir halde çalışabilmesi için, MATLAB Compiler SDK aracılığıyla yazılım bileşeni olarak paketlenir[143]. Şekil 4.4’de MATLAB Compiler yapısını kullanırken karşılaşılan pencereye ait görünüm verilmiştir. Burada paketlenecek uygulama dosyaları “Add app file”

seçeneği ile seçilir ve daha sonrasında paket ismi verilerek “Package” tuşu ile paketleme başlatılır.



Şekil 4.4. MATLAB Compiler penceresi

#### 4.2.2. MATLAB Web App Server

MATLAB Web App Server, MATLAB geliştirilen senkron veya asenkron çalışabilen uygulamaları ve Simulink üzerinde tasarlanan benzetimleri etkileşimli olarak web uygulaması şeklinde bünyesinde barındırılmasını sağlar[144]. MATLAB Compiler aracılığı ile paket haline getirilen uygulamalar, Web App Server üzerinde barınırken sunucu bir sistem sayesinde aynı ağ üzerinde uygulama kullanımına olanak sağlar. Fakat kurumsal nitelikli sistemlerde çok kullanıcı bir dağıtım için MATLAB Production Server kullanılarak desteklenmesi gerekir[143].

MATLAB Web App Server üzerinde dağıtıma açılmış bir uygulamaya erişim sağlayabilen herkes, uygulamaya her hangi bir ek yazılım kurulumuna ihtiyaç duyulmadan tarayıcı üzerinden ulaşabilir ve çalıştırabilir[144-145]. Ayrıca edinilen tek bir lisans anahtarı ile birden çok kullanıcının farklı lisans anahtarlarına gerek kalmadan uygulamaları kullanmalarına olanak sağlar. MATLAB Compiler ile paketlen ve Web Server üzerinden dağıtıma açılan uygulamaların kullanımı için de telif hakkı aranmaz. Sadece MATLAB App Server’da bulunan verilere ve interaktif web uygulamalarına karşı olabilecek herhangi bir suiistimal olmaması için, erişim anında kimlik doğrulama istenmektedir. Doğrulama

sayesinde uygulamada erişim izni olmayan kişiler engellenir. Buna ek olarak kullanıcılara çeşitli görevler ve yetkiler ile rol atamaları yaparak kısıtlı erişim hakkı verilerek kontrol sağlanabilir[142].

MATLAB’da geliştirilen ve MATLAB Web Server ile dağıtımı sağlanan uygulamalara dair literatür incelendiğinde, Karri (2004) çalışmasında, bir kontrol sistemine dair internet tabanlı teknik geliştirmiştir. Uygulama, MATLAB ile oluşturulmuş ve MATLAB Web Server üzerinde barındırılan bir web uygulama aracılığı ile elde etmek için arayüz olarak geliştirilmiştir[146].

Tuncer (2007) çalışmasında, kontrol yazılımı olarak MATLAB GUI ve MATLAB Web Server kullanılarak genetik algoritmalar üzerinde örnek deney yapılmasını sağlayan uzaktan erişimli sanal laboratuvar geliştirmiştir. Geliştirilen sistemi son kullanıcıya ulaştırmak üzere PHP ve Javascript programlama dilleri ile bir arayüz tasarlamış ve Apache web sunucusu üzerinde barındırmıştır[147].

Davutoğlu’nun (2007) çalışmasında MATLAB ile öğrenme materyali hazırlamış ve HTML yapısı ile kullanıma açmış ve web tabanlı bir MATLAB eğitim benzetimi geliştirmiştir. Hazırlanan benzetim ile eğitim öğretimde tam öğrenmeyi amaçlamış ve geleneksel eğitime yaptığı etkileri gözlemlemiştir[148].

Tekin (2009) çalışmasında denetimli asenkron motorlar için uzaktan erişimli sanal bir laboratuvar geliştirmiştir. Sistemin deneysel çalışma ortamını tasarlamak için Delphi ve Python yazılım dillerini seçmiştir. Benzetim ortamını tasarlamak için ise ASP, HTML ve MATLAB Web Server yazılımlarını kullanmıştır[149].

Baysal Öztürk (2010) çalışmasında MATLAB yazılımının 7. Sürümün destek verdiği MATLAB Web Figure yapısını içeren RLC filtre devrelerinin eğitimini gerçekleştirmek için ASP.NET tabanlı web sitesi geliştirmiştir[150].

Kaçar (2010) çalışmasında, sistem çeşitlerinin sınıflandırılması ve lineer olmayan sistemlerin davranışları göz önüne alınmıştır. MATLAB GUI ile Voiterra serileri metodu için bir algoritmayı otomatik çalıştırılabilir hale getirilerek kullanıcı arayüzü oluşturmuştur. Tasarlanan arayüzü web ortamına taşımak için ASP.NET ve MATLAB Web Figure kullanılmıştır[151].

Bulut Özek (2010) çalışmasında, MATLAB Web Server ortamında öğrencilerin etkileşimi sağlayan, tip 2 bulanık mantık alanında etkili öğrenmeyi gerçekleştirmek için tip 2 bulanık mantık araç kutusu geliştirmiştir. Sistemin veri tabanı alt yapısı için Mysql'i, web programlaması için PHP dilini, web sunucusu için Apache sunucusunu, uygulamayı geliştirmek için MATLAB yazılımının 13. Sürümü ve internet tabanlı olabilmesi için ise MATLAB Web Server araç kutusunu kullanmıştır[152].

Bakır (2010) çalışmasında, kablosuz sensör ağ yapılarında doğru akım motoru üzerindeki sensörlerin sıcaklığındaki, nemindeki ve sensör pil voltajındaki değişiklikleri gözlemleyen bir sistem geliştirmiştir. Ayrıca, kullanıcıların sistem üzerindeki değişimleri gerçek zamanlı olarak grafik ortamında görebilmesi için MATLAB Web Server kullanılmıştır[153].

Savaş (2010) ise, çalışmasında kontrol eğitimi çeşitli uygulamalar geliştirmiştir. Uygulamaların yapısında Apache sunucusunu, PHP dilini ve yazılımın web tabanlı uygulama olarak kullanılmasını sağlayan MATLAB Web Server araç kutusunu kullanmıştır[154].

Ranade (2011), çalışmasında web tabanlı olarak dinamik sistemlerin değişimlerini izlenmesini sağlayan grafik kullanıcı arayüzünü modellenmiş, benzetim tasarlanmış ve geliştirmiştir. MATLAB Builder ve MATLAB Web Server üzerinde web dağıtımı yapılmıştır[155].

Güney (2011) çalışmasında MATLAB Web Figüre tabanlı, elektrokardiyogram sinyallerinin bir benzetim aracılığıyla web üzerinden eğitimini amaçlayan, tıp veya mühendislik alanında eğitim alan kullanıcılara yönelik uygulama geliştirmiş ve kullanıma sunmuştur[156].

Doğalı Çetin (2011) çalışmasında, biyomedikal alanında kullanılmak üzere kablosuz sensör ağı geliştirmiştir. Sistemde sensörlerden alınan sinyallerin gözlemlenmesi, analiz edilmesi ve grafiklerle görselleştirilmesi .NET üzerinde tasarlanmış bir web arayüz ve MATLAB Web Figüre aracı ile gerçekleştirilmiştir[157].

Sönmez (2016) çalışmasında, MATLAB Builder, MATLAB Web Figüre ve ASP.NET ortamlarını kullanarak lisans kademesinde verilen denetim sistemleri dersi altında değerlendirilen sistemlerin analiz edilmesi ve kontrolünün yapılması için arayüz tasarlamıştır[158].

Zhou (2016), çalışmasında MATLAB alt yapısını kullanarak glikomik veri analizi yapabilmek için web tabanlı bir sistem gerçekleştirmiştir[159].

Eroğlu Uslu (2019) çalışmasında ise, MATLAB Builder ve MATLAB Web Figure araçları kullanarak ASP.NET ortamında jeodezik çalışmalar için web tabanlı bir uygulama gerçekleştirmiştir[160].

Bachev ve arkadaşları (2021) çalışmalarında Elektrik mühendisliğinde Mühendislik uzmanlıkları için uzaktan eğitimde öğrenme süreçlerini kolaylaştırmak için MATLAB ortamında elektrikli makinelerin genelleştirilmiş teorisine göre modellenmiş ve MATLAB Web App Server kullanılarak öğrencilerin ulaşması sağlanmıştır[161].

Juadines ve arkadaşları (2021) çalışmalarında MATLAB App Designer platformunda tasarlanmış ve MATLAB Web App Server tarafından barındırılan uzak bir sunucuya konuşlandırılan gelişmiş bir iyonosferik sintilasyon gözlemi web tabanlı uygulamasını tanıtmışlardır[162].

Migranov ve Dobroskok (2022) çalışmalarında öğrencileri gerilim kaynağı eviricileri için gerilim üretim algoritmaları çalışmalarında desteklemek için sanal bir eğitim laboratuvarı kurmaya yönelik bir yaklaşım önermişlerdir. Uygulama MATLAB App designer ortamında oluşturulmuş ve Web App Server üzerinde dağıtılabileceği önerilmiştir[163].

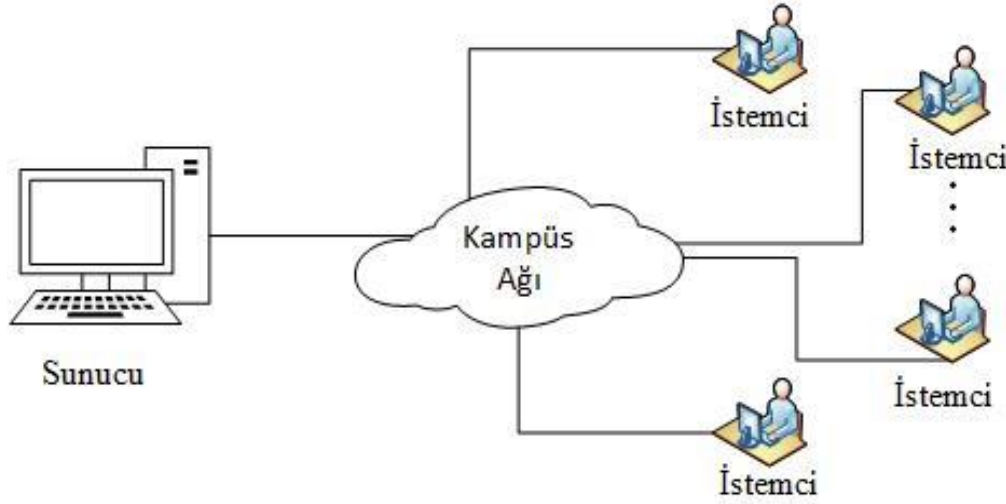
Gajjar ve arkadaşları (2022) çalışmalarında tahmini bakım algoritmasını, makine operasyonlarını, veri analitiğini, kullanıcı arayüzünü ve kapatma ve doldurma makinesindeki uygulamasını kapsan bir MATLAB uygulamasında arayüz sunmuşlardır. Uygulama yerel kullanıcı erişilebilirliğinin kolaylığını gösterdiğinden Web App Server üzerinde barındırılmıştır[164].

Maza ve arkadaşları (2022) şeker kamışı hastalıklarının tanınması için bir web uygulaması önerilmişlerdir. Uygulamayı, 22 katmanlı bir evrişimli sinir ağı olan GoogLeNet ve MATLAB App Designer uzantıları kullanılarak geliştirmişlerdir. Uygulamanın web üzerinde barındırılması için MATLAB Web App Server kullanmışlardır[165].

#### **4.2.3. Kampüs ağındaki kullanım**

Hazırlanan yazılımın kampüs ağı üzerinde kullanılması amaçlanmaktadır. Şekil 4.5'te görüleceği üzere kampüs ağından var olan ve sunucu olarak çalışacak ana bir makine ve

istemciler bulunmaktadır. Bu noktada sunucu olarak kullanılacak ana makinede MATLAB programı ve Web App Server için gerekli yazılımlar kurulacak ve kampüs ağına açılacaktır. İstemciler ise herhangi bir program kurulumu gerekmeksizin internet tarayıcısı aracılığı ile sunucu makine üzerinden programa erişerek kullanabileceklerdir.



Şekil 4.5. Kampüs ağı yapısı

Yazılımın kampüs ağında kullanılabilmesi için “web app” olarak paylaşımına uygun bir şekilde paket haline getirilir ve Şekil 4.6’daki dosyalar elde edilir.

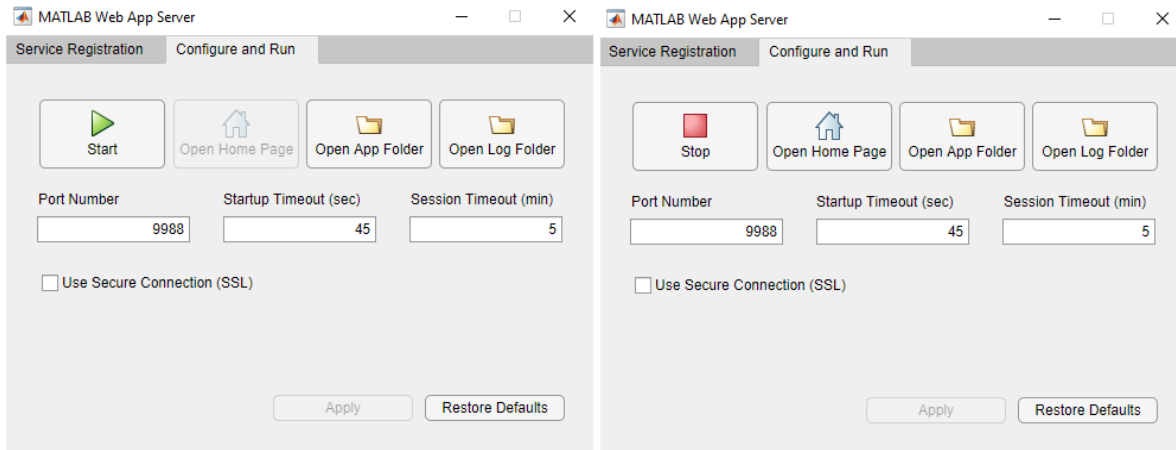
Project > Tez > TSL

Ara: TSL

| Ad                                                                                                          | Değiştirme tarihi | Tür               | Boyut    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|----------|
|  Fiblab.ctf              | 10.12.2021 12:57  | CTF Dosyası       | 1.293 KB |
|  mccExcludedFiles.log    | 10.12.2021 12:57  | Metin Belgesi     | 1 KB     |
|  PackagingLog.html       | 10.12.2021 12:57  | Chrome HTML Do... | 1 KB     |
|  requiredMCRProducts.txt | 10.12.2021 12:57  | Metin Belgesi     | 1 KB     |

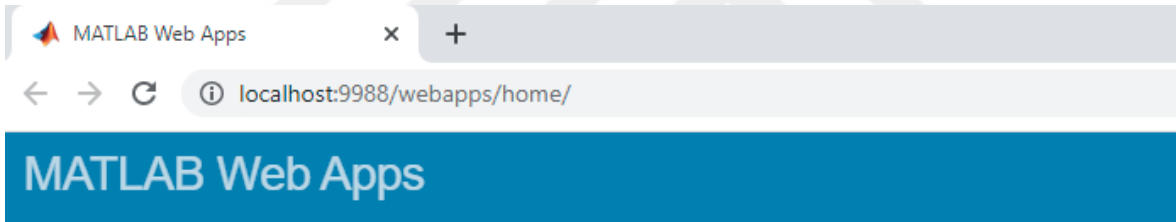
Şekil 4.6. Web ortamı için paketlenmiş dosyalar

Burada elde edilen “.ctf” dosyası uygulamanın MATLAB Web Serverda çalışabilmesini sağlayan dosyadır. Bu dosya elde edildikten sonra “.ctf” uzantılı dosya Şekil 4.7’de görünen MATLAB Web App Server içerisinde “app folder” içine kopyalanır. Daha sonrasında “Start” tuşuna basılarak web sunucu başlatılır. Burada yer alan log folder bölümü ise programı kimlerin ve hangi IP üzerinden kullandığını tutan log dosyalarını verir.



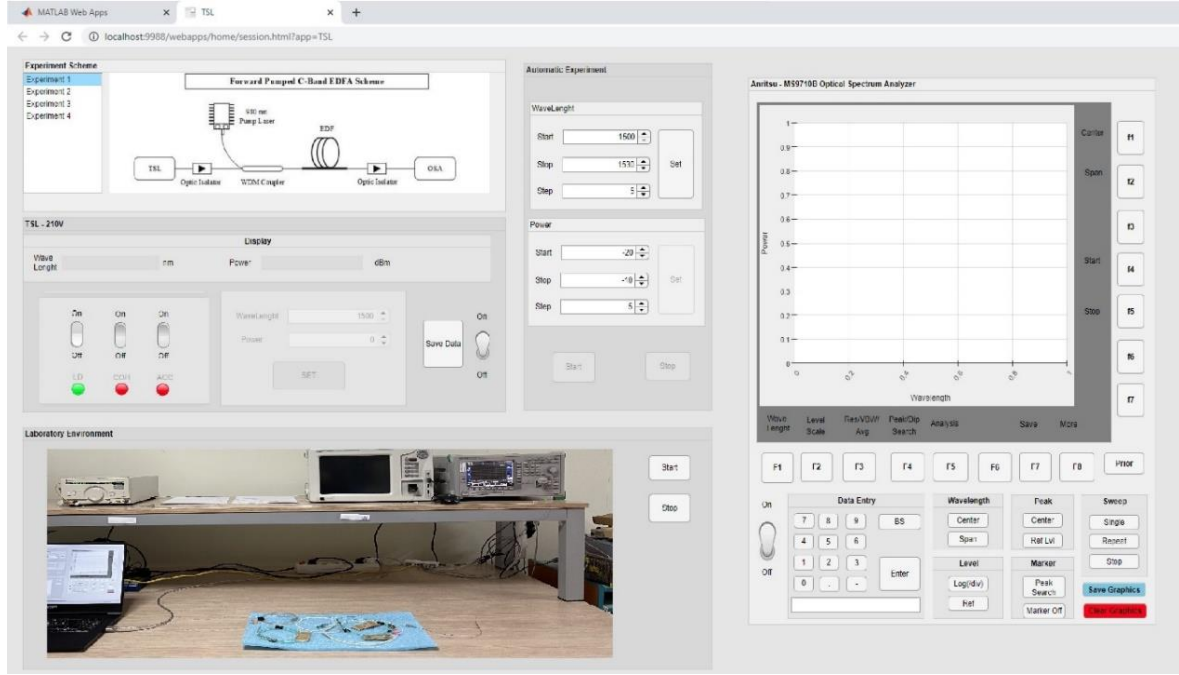
Şekil 4.7. MATLAB Web App Server ekranı

Uygulama “App Folder” klasörüne atıldıktan ve web sunucu çalışır hale getirildikten sonra “Open Home Page” tuşu tıklanarak Web App Serverda yer alan Şekil 4.8’deki gibi paylaşıma açık uygulamalar görülür.



Şekil 4.8. MATLAB Web App Server anasayfa görüntüsü

Şekil 4.8’de verilen tarayıcı sayfasından uygulama açılarak çalıştırılır ve Şekil 4.9’daki gibi bir görüntü elde edilir. Uygulama Web App Server aracılığıyla farklı bir bilgisayarda çalıştırmak istendiğinde, bilgisayarların aynı domainde olma şartı ile, bilgisayarlar arası uygulama linki (örneğin: <http://localhost:9988/webapps/home/session.html?app=TSL>) paylaşılarak program kurulumu gerektirmeksizin çalışır halde olacaktır.



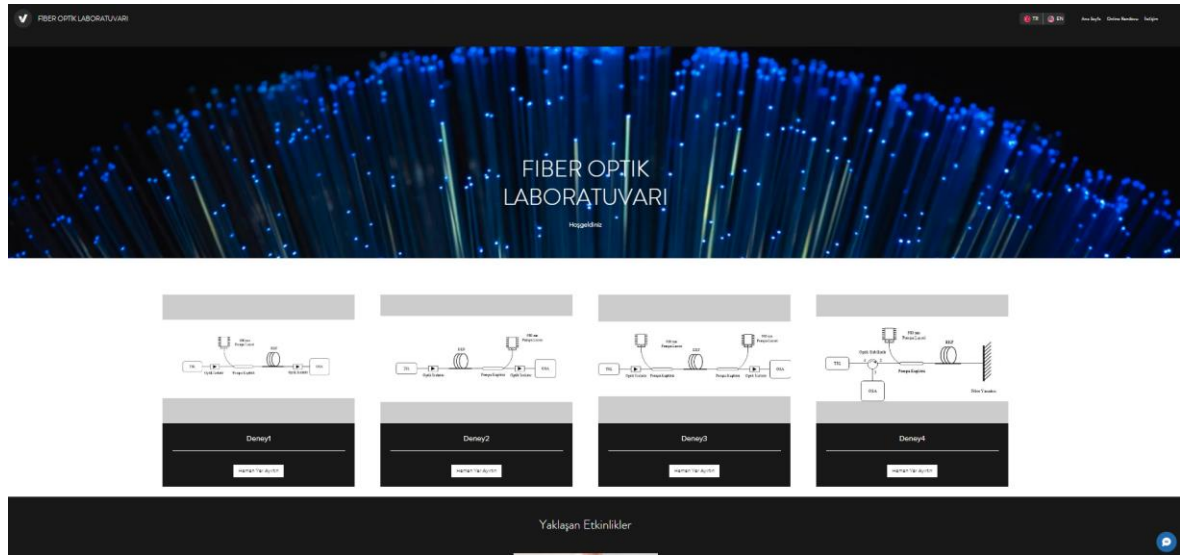
Şekil 4.9. Uygulamanın Web App Serverda paylaşım görüntüsü

## 5. UZAKTAN ERİŞİLEBİLİR FİBER OPTİK LABORATUVARININ GELİŞTİRİLMESİ

Bu bölümde öncelikle sistemi kullanılabilmek için oluşturulan randevu sistemi, kullanılan cihazlar ve özellikleri anlatılmıştır. Daha sonrasında sistemin test edilebilmesi için bir deney seti kurulumu ve yazılımın Web App Server üzerindeki görünümü verilmiştir. Sistemde ölçümler manuel ve otomatik olarak yapılmaktadır. Son olarak bu özellikler deneysel uygulama başlığında, kurulan deney seti üzerinden anlatılmış ve test sonuçları verilmiştir.

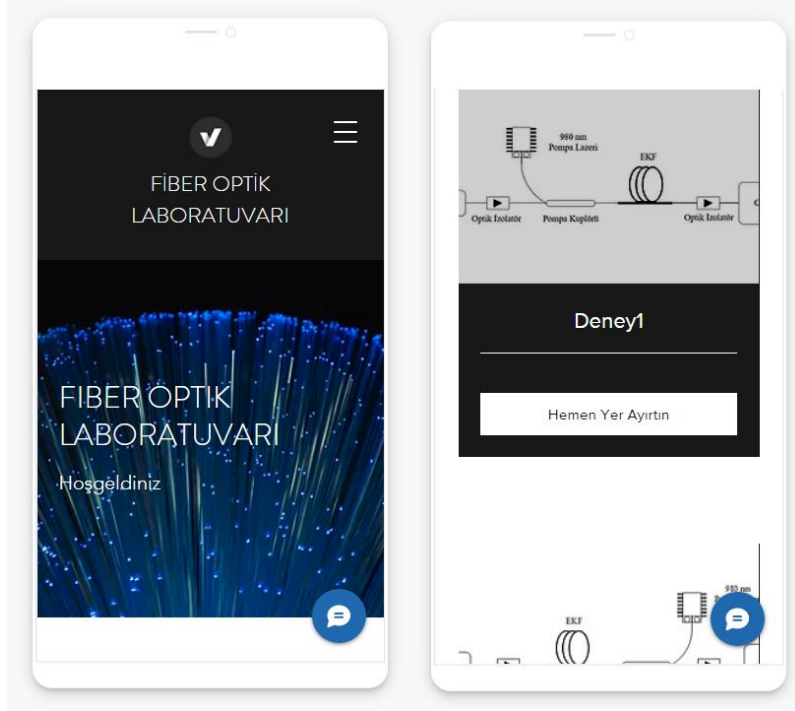
### 5.1. Randevu Sistemi

Yapılan uygulama kullanım kolaylığı ve süreç yönetiminin yapılabilmesi için randevu sistemi ile çalışacaktır. Bu amaçla Şekil 5.1’de görünen web arayüzü tasarlanmıştır. Web sitesinin genel tasarımında deney yapımı için randevu alımı, yararlanıcı/öğrenci ile laboratuvar sorumlusu arasında iletişim kurma, çevrimiçi toplantılar/etkinlikler gerçekleştirmek için duyuru sayfaları bulunmaktadır. Hazırlanan web arayüzü Türkçe ve İngilizce dil seçeneği sunmaktadır.



Şekil 5.1. Fiber optik laboratuvarı web arayüzü

Şekil 5.2’de ise tasarlanan web arayüzünün mobil üzerinde görünümü verilmiştir. Tasarlanan sistem herhangi bir mobil tarayıcı üzerinden ulaşıldığında o cihazın ekran özelliklerine göre boyutlanarak açılmaktadır.



Şekil 5.2. Fiber optik laboratuvarı web arayüzünün mobil üzerinde görünümü

Sisteme bağlanıldığında Şekil 5.1’de verilen görüntüdeki hazırlanan deneyleri gerçekleştirmek üzere randevuların alınacağı bir bölüm tasarlanmıştır ve Şekil 5.3’te verilmiştir. Burada yararlanıcı/öğrenci’nin sistemde yapmak istediği deney için, deneyi gerçekleştirmek istediği günden en az 1 gün önce web arayüzünde randevu oluşturacaktır. Şekil 5.3.a’ da randevu süresi geçmiş bir deneyin randevu ekranının görüntüsü ve Şekil 5.3.b’de ise randevuya açık bir deneyin randevu ekranının görüntüsü verilmiştir. Şekil 5.3.c’de ise randevu gün ve saatini seçtikten sonra açılan ekran verilmiştir. Burada bildirimlerin yapılabilmesini sağlamak için kişisel bildirimlerin yapılması sağlanmaktadır. Oluşturulan randevu web sitesinin arka planında laboratuvar sorumlusuna hem site üzerinde kontrol ile hem de mail aracılığıyla bildirilerek deney setinin önceden kurulumu sağlanacaktır.

Deney1

Müsaitlik durumumuzu kontrol edin, size uygun bir tarih ve saati seçin

Tarih ve Saat Seçin GMT+03:00 (GMT+3)

< Ekim 2022 > 14 Ekim Cuma

Seanslar, başlangıç saatinden 1 gün önce yer ayırtılmaya kapanır.

13:30

| Pzt | Sal | Çar | Per | Cum | Cmt | Paz |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 1   | 2   |
| 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
| 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  |
| 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  |
| 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  |
| 31  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |

Randevu Özeti

Deney1

Devam

(a)

Deney1

Müsaitlik durumumuzu kontrol edin, size uygun bir tarih ve saati seçin

Tarih ve Saat Seçin GMT+03:00 (GMT+3)

< Ekim 2022 > 17 Ekim Pazartesi

10:00 13:30

| Pzt | Sal | Çar | Per | Cum | Cmt | Paz |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 1   | 2   |
| 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
| 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  |
| 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  |
| 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  |
| 31  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   |

Randevu Özeti

Deney1

Devam

(b)

< Geri

Bilgilerinizi Girin

Bize biraz kendinizden bahsedin

Ad \* E-posta \*

Telefon Numarası

Mesajınızı Ekleyin

Randevu Özeti

Experiment1  
23 Haziran 2022 10:00  
Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi  
1. Personel  
3sa.

Yer Ayırt

(c)

Şekil 5.3. Deney randevu ekranı (a) randevu alma süresi geçmiş etkinlik (b) randevu alma süresi aktif etkinlik (c) bilgi giriş ekranı

Yararlanıcının/Öğrencinin web arayüzü üzerinden laboratuvar sorumlusu ile asenkron veya senkron iletişimde olabileceği bir canlı destek bölümü bulunmaktadır. Şekil 5.4.a'da yararlanıcı/öğrenci laboratuvar sorumlusu ile elektronik posta olarak iletişime geçebilmektedir. Şekil 5.4.b'de ise canlı destek bölümü görülmektedir. Bu bölümde

cevaplama süreleri dört farklı zamanlama ile çalışmaktadır; en kısa süre, birkaç dakika, birkaç saat ve bir gün içinde cevap verilmek üzere çalışabilmektedir. Yararlanıcının/Öğrencinin deney zamanı geldiğinde, laboratuvar sorumlusu tarafından bağlantı linki mail olarak gönderilerek sistem kullanıma açılacaktır.

## İLETİŞİME GEÇİN

Ad \*

Adınızı girin

---

E-posta \*

E-posta Adresi

---

Konu

Konuyu yazın

---

Mesaj

Mesajınızı buraya yazın...

---

Gönder

Canlı Destek

● En kısa sürede cevap vereceğiz

---

Mesajınızı yazın...

(a)
(b)

Şekil 5.4.Web arayüzü iletişim şekilleri (a) iletişime geç (b) canlı destek

01 Haziran Per | Tanıtım

## Etkinlik

Tanıtım

Katıl



Satış Yeri

01 Haz 2023 10:00

Tanıtım

Etkinlik Hakkında

Katıl

Bu Etkinliği Paylaş

f t in

Bilgilerinizi Ekleyin

\*Ad

\*Soyad

\*E-posta

Gönder

Etkinlik

01 Haz 2023 10:00

Tanıtım

(a)
(b)

Şekil 5.5.Web arayüzü etkinlik arayüzü (a) etkinlik bilgisi (b) katılım talebi

Şekil 5.5’de laboratuvar olarak hazırlanacak çeşitli etkinliklerin, duyuruların yapıldığı ekran verilmiştir. Şekil 5.5.a’da yapılacak olan etkinliğin konusu, günü, saati ve yer bilgileri verilmektedir. Şekil 5.5.b’de ise etkinliklere katılmak için talepler alınmaktadır.

Web sitesinde son olarak Şekil 5.6’da da görüleceği üzere laboratuvar ortamına fiziksel erişim sağlamak isteyen yararlanıcılar/öğrenciler için konum bilgisi verilmiştir.



Şekil 5.6. Fiber optik laboratuvarı konum bilgisi

## 5.2. Kullanılan Cihazlar

Çalışma kapsamında Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi bünyesinde bulunan Fiber Laboratuvarında kullanılan ayarlanabilir lazer kaynağı Santec TSL-210 (TLS) ve Anritsu 9710B optik spektrum analizörü (OSA) cihazları kontrol edilmiş, örnek bir deney seti üzerinden sonuçlar alınmıştır.

### 5.2.1. Ayarlanabilir lazer kaynağı (Santec TSL- 210V)

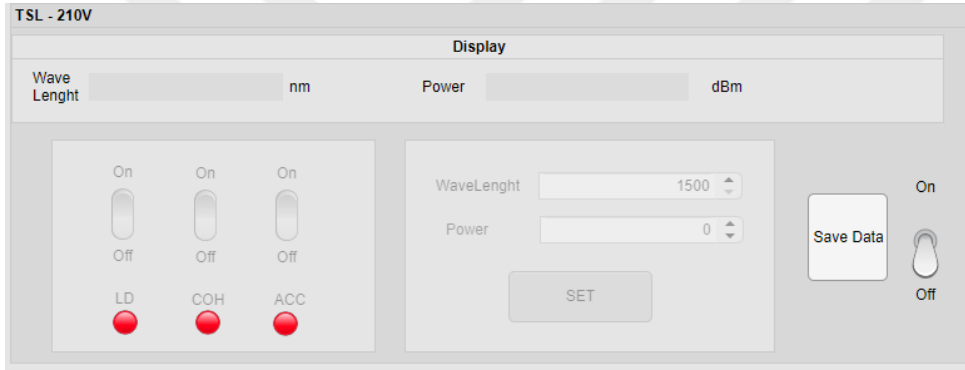
TLS, dış boşluk ayarlı, cihazı kullanan kişinin sisteme giriş olarak sağlanacak ışığın dalgaboyunu ve optik çıkış gücünü ayarlayabilmesini sağlamak için tasarlanmış yarı iletken bir lazerdir. Telekomünikasyonun büyümesiyle, endüstride optik bileşenleri değerlendirmek için TLS'lere ihtiyaç vardır. Santec TSL-210 bu ihtiyacı karşılayacak bir lazer kaynağıdır[166].

Şekil 5.7.a’da cihazın laboratuvar ortamındaki gerçek görüntüsü ve Şekil 5.7.b’de uygulamadaki temsili görüntüsü verilmiştir. Cihazın RS-232 ve GPIB elektronik arayüzler, LabVIEW programı ile tüm özellikleri kontrol edilebilir. Cihaz, cihazın erişebildiği tüm

dalga boylarında çıkış gücünü sabitleme, hat genişliği değiştirilir iken tutarlılık kontrolünün yapılabilmesi gibi birçok özelliği vardır.

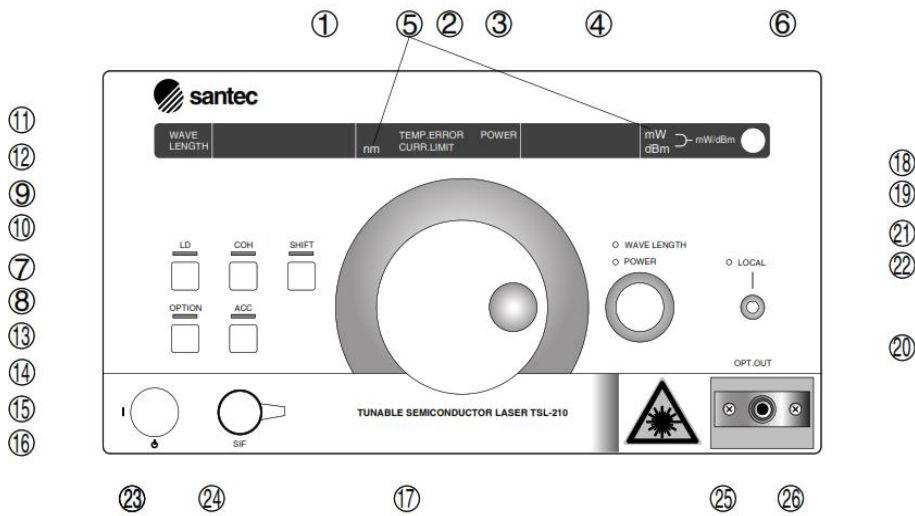


(a)



(b)

Şekil 5.7. (a) Gerçek TLS (b) Sanal TLS



Şekil 5.8. TLS cihazının ön paneli

Şekil 5.8’de ise cihazın panelinde yer alan tuşların görevleri verilmiştir[166].

(1) Dalga boyu / ince ayar gösterge paneli.

Bu, hâlihazırda ayarlanmış olan dalga boyunu ve dalga boyu kalibrasyonundaki dalga boyunu görüntüler.

(2) Sıcaklık stabilizasyonu (TEMP. ERROR)

Bu LED, sıcaklık kontrolünün kararlı olmadığını gösterir. “TEMP.ERROR” göstergesi söndükten sonra sistemin kullanılması tavsiye edilir.

(3) Akım Limiti (CURR. LIMIT)

Bu LED, Otomatik Güç Kontrolü (APC) ile çok büyük bir hedefin ayarlanması nedeniyle enjeksiyon akımının donanım sınırına ulaştığını gösterir. Ayar aralığının %100’ünde aynı optik çıkışa sahip olmak mümkün değildir.

(4) Optik çıkış gücü gösterge paneli / GP-IB adres gösterge paneli

1. Bu, optik çıkış gücünü gösterir. Optik çıkış gücünün minimum görüntü değeri - 40.00dB/0mW’dir.

2. GP-IB adresini değiştirirken GP-IB adresini görüntüler.

(5) Birim ekranı

Yanan birim, geçerli gösterge panelindeki veri birimini gösterir.

(6) Optik çıkış güç ünitesi değiştirme tuşu / Dalga boyu kalibrasyon tuşu

Bu, optik çıkış gücü birimini dBm veya mW olarak değiştirir. SHIFT LED’i yanarken bu tuşa basılması dalga boyu kalibrasyonuna neden olur.

(7) LD sürücü LED’i / ATT Modu (Opsiyon)

1. Bu LED, akımın LD’ye enjekte edildiğini gösterir.

2. Bu LED yanıp söndüğünde, LD sürücüsünün optik çıkış gücündeki dalgalanmayı geri beslemeyecek modda olduğunu gösterir. Bu, düşük frekans modülasyonunu ayarlamak için kullanılır.

(8) LD sürücü anahtarı

Bu, akımı LD'ye AÇIK/KAPALI olarak değiştirir. Güç sağlandığında, LD'ye akım enjekte edilmez.

Güç kaynağını kapatmadan önce, LD'ye giden enjeksiyon akımını kapattığınızdan emin olun. LD'ye akım verilirken güç kesilirse, LD zarar görebilir.

(9) Tutarlılık kontrol LED'i

Bu LED tutarlılık kontrolünün yapıldığını gösterir.

(10) Tutarlılık kontrol tuşu

Bu, spektrum çizgi genişliğini genişletmek için tutarlılık kontrolünü AÇIK/KAPALI konuma getirir. Tutarlılık kontrolü AÇIK olduğunda, spektrum çizgi genişliği genişletilir.

(11) Vites LED'i

Bu LED yanarken diğer tuşa basılması dalga boyu kalibrasyonunu veya GPIB adresini değiştirir ve minimum rakam ayarını ve LD sürücü modunu değiştirir.

(12) Üst karakter tuşu

SHIFT LED'i AÇIK iken isteğe bağlı bir tuşa basılması, aşağıdaki gibi bazı diğer komutları yürütür:

SHIFT + mW/dBm Tuşu = dalga boyu kalibrasyonu

SHIFT + DALGA BOYU/GÜÇ Tuşu = minimum rakam ayarı

SHIFT + LOCAL Key = GP-IB adres ayarı

(13) İnce ayar / Frekans Kilitleme (Opsiyon) LED'i

1. Bu LED, ince ayar kontrolünün işlenmekte olduğunu gösterir.
2. LED'in yanması, frekans kilitleme fonksiyonunun etkinleştirildiğini gösterir.

(14) İnce ayar kontrol tuşu / RS-232C sınırlayıcı değişikliği

1. Bu, dalga boyuna ince ayar yapmak için ince ayar kontrolünü AÇAR/KAPATIR.
2. Güç açıkken bu tuşa basıldığında, RS-232C'nin sınırlayıcısı değiştirilebilir.

(15) ACC modu LED'i

Bu LED aydınlatma, bu cihazın ACC modunda olduğunu gösterir.

(16) ACC Modu Tuşu/RS-232C Sınırlayıcı Ayarı/ATT Modu Değiştirme (Opsiyon)

1. TSL-210, Otomatik Güç Kontrolü (APC) veya Otomatik Akım Kontrolü (ACC) modunda çalıştırılabilir.
2. Güç ilk açıldığında bu tuşa basılırsa, RS-232C sınırlayıcı değiştirilebilir.
3. SHIFT LED'i yanarken bu tuşa basılması, ATT'nin (opsiyon) kontrol modunu AÇIK ve KAPALI arasında değiştirir.

(17) Döner kodlayıcı

Bu, dalga boyu, optik çıkış gücü, ince ayar ve benzeri verileri ayarlamak için kullanılır. ACC AÇIK olduğunda optik çıkış gücü ayarı yapılamaz.

(18) Döner kodlayıcı dalga boyu / İnce ayar ayar LED'i

Bu LED aydınlatma, döner kodlayıcının dalga boyu ayarı için ayarlandığını gösterir.

(19) Döner kodlayıcı optik çıkış gücü ayar LED'i

Bu LED aydınlatma, döner kodlayıcının optik çıkış gücü ayarı için ayarlandığını gösterir.

(20) Döner kodlayıcı değiştirme tuşu/Minimum rakam ayarı

Bu tuş, döner kodlayıcıyı dalga boyu ayarına veya optik çıkış gücü ayarına geçirir.

## (21) GP-IB uzak LED'i

Bu LED aydınlatma, GPIB tarafından uzak durumu gösterir.

## (22) GP-IB yerel anahtarı/GB-IB adres değiştirme anahtarı

1. GP-IB kontrolü ile uzak durumdayken, bu tuşa basmak sizi yerel duruma geri getirir ve ön panelin kontrolünü sağlar.

2. SHIFT LED'i yanarken bu tuşa basılması GP-IB adresinin değiştirilmesini sağlar.

## (23) Ana şalter

Bu, güç kaynağını AÇAR/KAPATIR. (I=AÇIK, O=KAPALI)

## (24) SIF (seri arabirim) konektörü

Bu, RS-232C iletişimi için bir konektördür.

## (25) Koruma kapağı

Bu, doğrudan çıkış ışığını önlemek için koruyucu bir deklanşördür.

## (26) Işık çıkışı konektörü

Bu bir FC adaptörüdür ve içi SPC cilalı konektör, tek modlu optik fiberdir.

Cihaza ait kontrol komutları Çizelge 5.1'de verilmiştir [166]. Yazılım arka planında cihaza tablodaki kontrol komutlarıyla ulaşılmış ve gerekli işlemler yaptırılmıştır.

Çizelge 5.1. TLS kontrol komutları

| Komut Parametresi | İçerik                                                                                                                        |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CU                | 1. Çıkış değişkenini akıma ayarlar.<br>2. Enjeksiyon akımını komuta eklenen sayısal verilere ayarlar. Birim mA'dır.           |
| TL                | 1. Çıkış değişkenini LD sıcaklığına ayarlar.<br>2. Komuta eklenen sayısal verilere LD sıcaklığını ayarlar. Birim °C'dir.      |
| WA                | 1. Çıkış değişkenini dalga boyuna ayarlar.<br>2. Salınım dalga boyunu komuta eklenen sayısal verilere ayarlar. Birim nm'dir.. |
| AO                | Kontrol modundan ACC moduna geçer.                                                                                            |

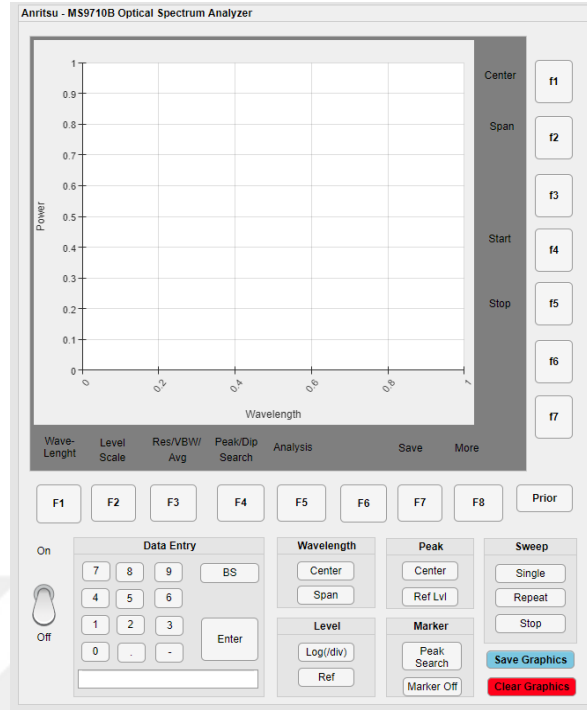
| Komut Parametresi | İçerik                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| AF                | Kontrol modundan APC moduna geçer.                                                                                                                                                                                            |
| SU                | Çıkış değişkenini duruma ayarlar. RS-232C geri yankı yapmaz.                                                                                                                                                                  |
| OP                | 1. Çıkış değişkenini optik çıkış gücüne ayarlar.<br>2. Komuta eklenen sayısal verilere optik çıkış gücünü ayarlar ve enjeksiyon akımını kontrol eder. Birim dBm'dir.                                                          |
| LP                | 1. Çıkış değişkenini optik çıkış gücüne ayarlar.<br>2. Komuta eklenen sayısal verilere optik çıkış gücünü ayarlar ve enjeksiyon akımını kontrol eder. Birim mW'dir.                                                           |
| CO                | Tutarlılık kontrolünü açar.                                                                                                                                                                                                   |
| CF                | Tutarlılık kontrolünü KAPALI konuma getirir.                                                                                                                                                                                  |
| CV                | 1. Çıkış değişkenini tutarlılık kontrol değerine ayarlar.<br>2. Entegre dalga boyu monitörünün çıkış değerini ayarlar. Değer aralığı 0~10.00'dir.                                                                             |
| LO                | LD'ye akım sağlar.                                                                                                                                                                                                            |
| LF                | LD'nin enjeksiyon akımını kapatır.                                                                                                                                                                                            |
| DI                | RS-232C'ye özel. Verileri almak için yankısız komut verin ve mevcut ayarlı veriler bir sonraki "DI" girişi ile alınabilir.                                                                                                    |
| FT                | 1. Çıkış değişkenini ince ayara ayarlar.<br>2. Komuta eklenen sayısal verilere ince ayar yapar. $\pm 100,00$ aralığında ayarlar.                                                                                              |
| AT                | 1. ATT'nin çıkış değişkenini ayarlar.<br>2. ATT numarasını komuta eklenen sayısal verilere ayarlar. Değer aralığı 0~20'dir.<br>3. ATT modunu manuel kontrol moduna ayarlar.<br>4. ATT modunu otomatik kontrol moduna ayarlar. |

### 5.2.2. Anritsu optik spektrum analizörü (OSA)

OSA, verilen bir giriş sinyalinin gücünü ve dalga boyunu ölçmek için kullanılan çok fonksiyonlu bir elektronik cihazdır[167]. Şekil 5.9.a'da cihazın laboratuvar ortamındaki gerçek görüntüsü ve Şekil 5.9.b'de uygulamadaki temsili görüntüsü verilmiştir. Cihaz elektronik bir arayüz (GPIB, RS-232, Ethernet) üzerinden tam kontrol edilebilir. Laboratuvar ortamında bulunan OSA cihazı, RS-232 ara yüzü ile USB dönüştürücü sayesinde TLS cihazında olduğu gibi seri bağlantı olarak kontrolü sağlanmıştır. Yeni nesil cihazlarda doğrudan USB kontrolü yapılabilir. Şekil 5.10'da ise cihazın ön panelinde yer alan tuşların görevleri verilmiştir[167].

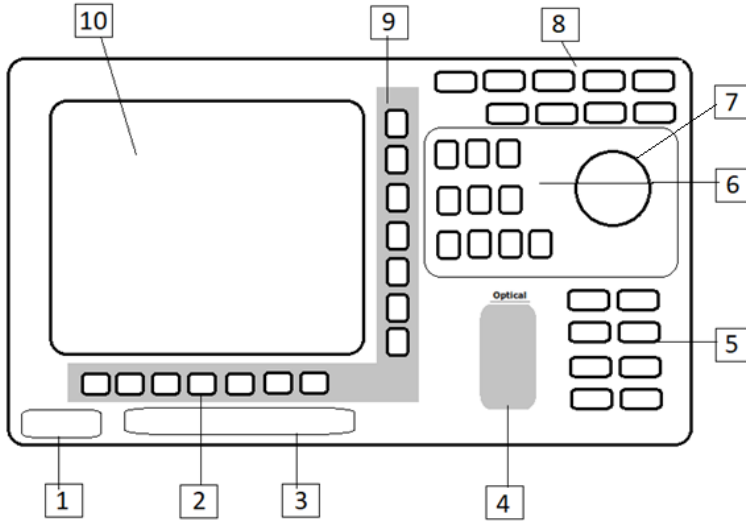


(a)



(b)

Şekil 5.9. (a) Gerçek OSA (b) Sanal OSA



Şekil 5.10. OSA ön panel görüntüsü

- (1) Açma/Kapama anahtarı
- (2) İşlev seçim klavyesi
- (3) Disket sürücü
- (4) Optik giriş
- (5) İşlev seçim klavyesi

- (6) Sayısal klavye
- (7) Turner
- (8) İşlev seçim klavyesi
- (9) İşlev seçim klavyesi
- (10) Ekran

Cihaza ait kontrol komutları Çizelge 5.2’de verilmiştir[167]. Yazılım arka planında cihaza tablodaki kontrol komutlarıyla ulaşılmış ve gerekli işlemler yaptırılmıştır.

Çizelge 5.2. OSA kontrol komutları

| Komut Parametresi | Fonksiyon         |
|-------------------|-------------------|
| Wavelength        |                   |
| CNT               | Center            |
| SPN               | Span              |
| STA               | Start             |
| STO               | Stop              |
| PKC               | Peal-> Center     |
| LVS               | Level Scale       |
| LOG 1             | Log (/div)        |
| RLV L             | Ref Level         |
| LLV 1             | Linear            |
| PKL               | Peak->Level       |
| RES               | Resolution        |
| AVT               | Point Avg         |
| SMT               | Smooth            |
| Sweep             |                   |
| SSI               | Single            |
| SRT               | Repeat            |
| SST               | Stop              |
| AUT               | Auto Measure      |
| MOD               | Measure Mode      |
| SPC               | Spectrum          |
| TMK               | Trace Marker      |
| MKA<br>MKB        | Wavelength Marker |
| MKC<br>MKD        | Level Marker      |
| EMK               | Marker Off        |
| PKS               | Peak Search       |

| Komut Parametresi   |              | Fonksiyon                   |
|---------------------|--------------|-----------------------------|
| Analysis            |              |                             |
| ANA ENV             |              | Envelop                     |
| ANA RMS             |              | RMS                         |
| ANA NDB             |              | ndB-Loss                    |
| ANA THR             |              | Threshold                   |
| ANA SMSR            |              | SMRS                        |
| ANA OFF             |              | Analysis Off                |
| Analysis Result     |              |                             |
| ANAR                |              | Envelop<br>Threshold<br>RMS |
| ANAR                |              | ndB-Loss                    |
| ANAR                |              | SMRS                        |
| Display Mode        |              |                             |
| DMD NRM             |              | Normal                      |
| DMD                 |              | 3D                          |
| DMD NRMZ            |              | Normalize                   |
| MSL                 |              | Memory Select               |
| TSL                 |              | Trace Select                |
| DMA<br>DMB          | d+Terminatör | Memory Data                 |
| DQA<br>DQB          | d+Seperator  |                             |
| DBA<br>DBB          | Binary       |                             |
| PWR                 |              | Power Monitör               |
| PWRR                |              | Power Monitör Value         |
| Title               |              |                             |
| TTL                 |              | Title                       |
| TER                 |              | Title Erase                 |
| Time&Date Set       |              |                             |
| DATE                |              | Date                        |
| TIME                |              | Time                        |
| LCD                 |              | Display Color               |
| Printor             |              |                             |
| CPY                 |              | Copy                        |
| FED                 |              | Feed                        |
| TRM                 |              | Terminater                  |
| HEAD ON<br>HEAD OFF |              | Header                      |
| ERR                 |              | Error                       |

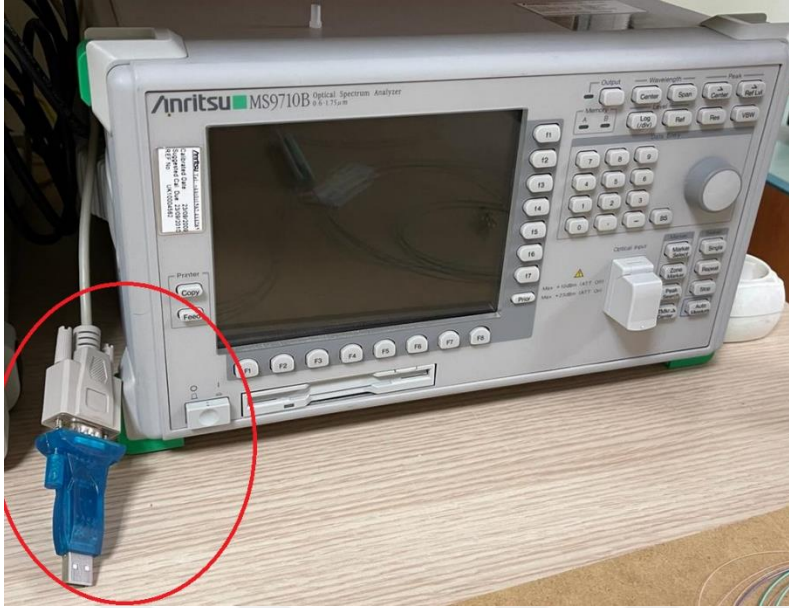
| Komut Parametresi | Fonksiyon       |
|-------------------|-----------------|
| ESR1              | Extended        |
| ESR2              | Event Status    |
| ESR3              | Register        |
| ESE1              | Extended        |
| ESE2              | Event Status    |
| ESE3              | Enable Register |
| BUZ               | Buzzer On/Off   |

### 5.2.3. Bağlantı arayüzleri

TLS ve OSA cihazı, RS-232 ara yüzü ile kontrol edilmektedir. Fakat günümüz bilgisayarlarda RS-232 bağlantısı bulunmadığından USB dönüştürücü ile bağlantısı sağlanmıştır. Programlar kendi içinde haberleşirken ise seri port bağlantıları gerçekleştirilerek kontroller sağlanır. Yeni nesil cihazlarda doğrudan USB kontrolü yapılabilir. Şekil 5.11’de TLS ve Şekil 5.12’de OSA cihazlarının RS-232 -USB dönüştürücü ile seri bağlantısı gösterilmektedir.



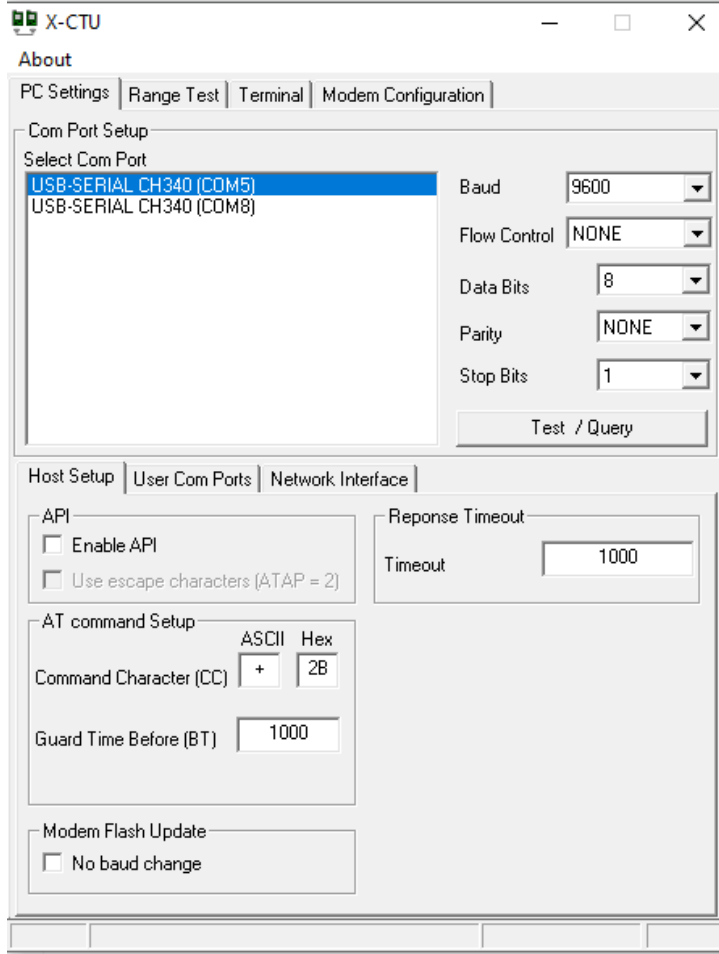
Şekil 5.11. TLS cihazının RS-232 -USB dönüştürücü ile seri bağlantısı



Şekil 5.12. Anritsu optik spektrum analizörün (OSA) RS-232 -USB dönüştürücü ile seri bağlantısı

Cihazlar bilgisayara bağlanmadan önce sürücüler kurulmuştur. Daha sonrasında ise cihazların fiziksel bağlantısı gerçekleştirilir. Cihazlar yazılma bağlanmadan önce bilgisayarın cihazlar ile iletişim kurulup kurulmadığını test etmek için X-CTU programı kullanılmıştır. Şekil 5.13'te programın arayüzü verilmiştir. Burada cihazlar doğru bağlandığında, cihazların bağlandığı seri port isimleri görünmektedir. Hangi seri portta hangi cihazın olduğunu kontrol etmek için açma kapama komutları gönderilmiş ve cihazların bağlı olduğu portlar tespit edilmiştir.

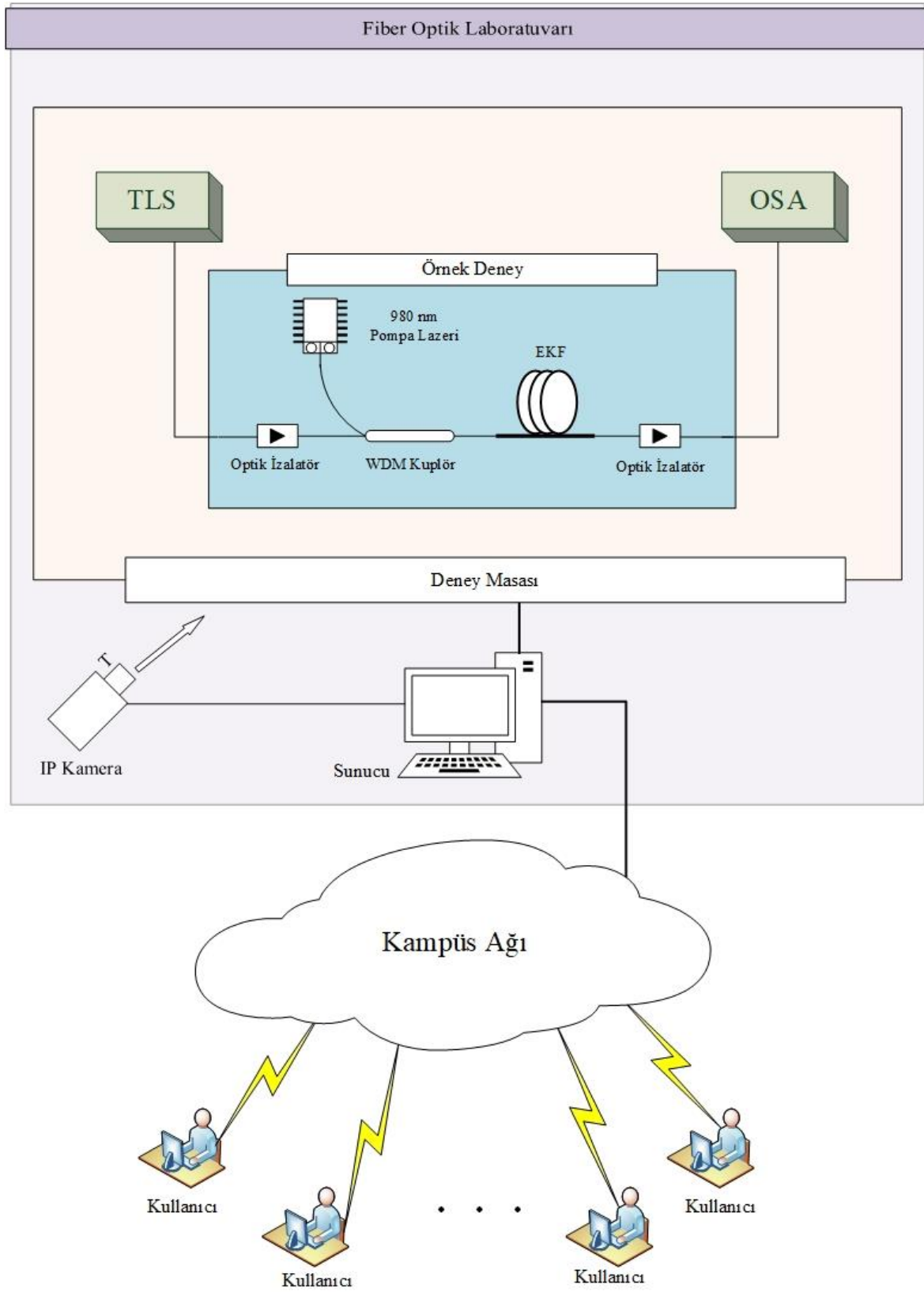
Cihazlar ilgili bilgisayara her bağlandığında erişimin gerçekleştiğine dair terminal sekmesinden cihazlara ait açma/kapama kodları gönderilerek kontrol işlemi gerekmektedir, bağlı olduğu seri portlar değişebilmektedir. Cihazlar bu işlem sonunda yazılım üzerinden erişime hazır hale gelmiştir.



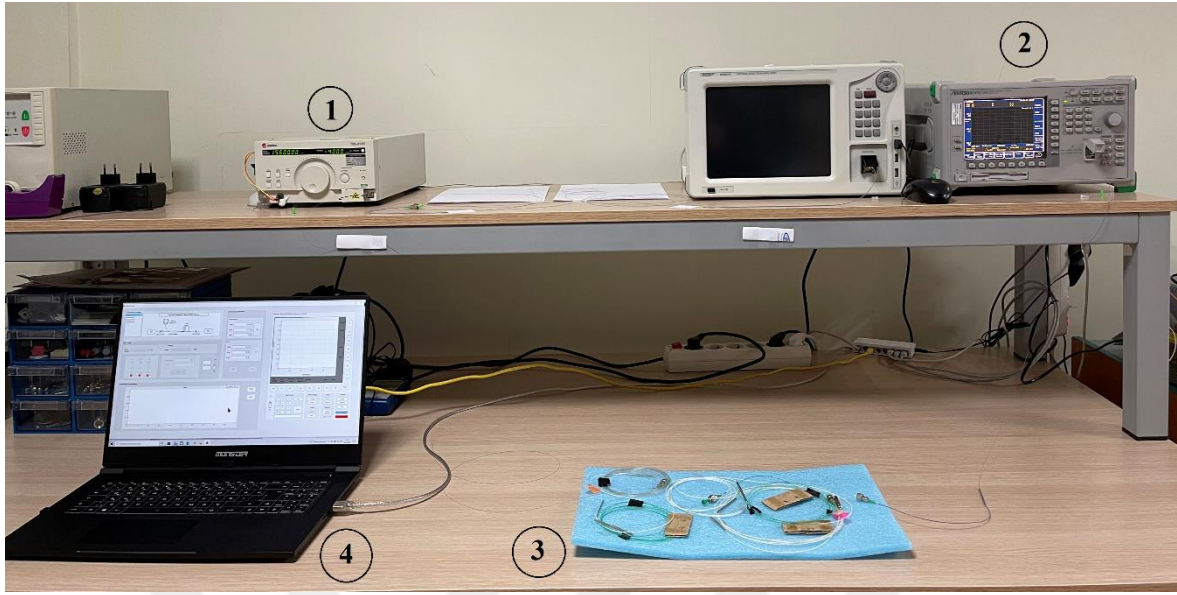
Şekil 5.13. X-CTU programı arayüzü

### 5.3. Deneysel Kurulum

Şekil 5.14'te laboratuvar ortamı blok diyagramı ve Şekil 5.15'te laboratuvar ortamında kurulan örnek deney düzeneği verilmiştir. Şekil 5.15'te 1 numara TLS, 2 numara OSA, 3 numara deney seti, 4 numara ise yazılım sunucu olarak temsil edilmektedir. Yazılım üzerinde kontroller gerçekleştirilirken erbiyum katkılı fiber yükselteç (EKFY) düzeneğine TLS'si ile ışık sinyalleri uygulanmış ve OSA üzerinden ölçümler yapılmıştır. Ayrıca sistem bir IP kamera yardımıyla yararlanıcıya/öğrenciye aktarılmaktadır.



Şekil 5.14. Fiber optik laboratuvarı ortamı blok diyagramı

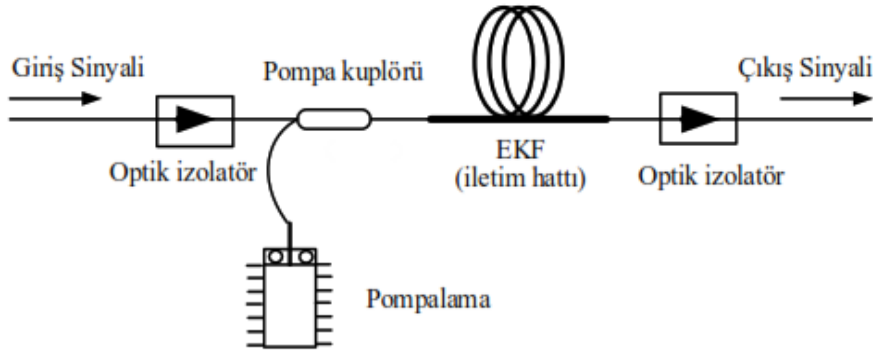


Şekil 5.15. Laboratuvar ortamında kurulan deney seti

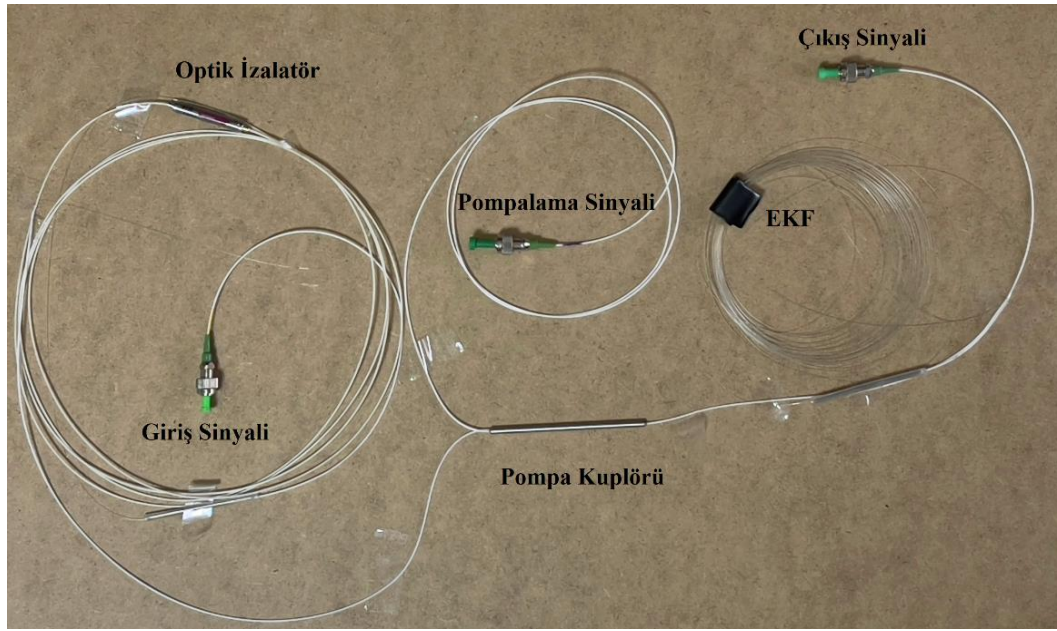
Geliştirilen platform kapsamında farklı deney setleri üzerinde ölçümler yapılabilmektedir. Bu çalışma için örnek olarak temel EKFY düzeneği kullanılmıştır.

EKFY'ler foton foton etkileşimi ile iyon sayılarının ters birikmeye uğraması ve bunun sonucunda biriken fotonların yüksek enerji seviyesinden düşük enerji seviyesine düşmesiyle yeni bir foton yayması ve sonuçta zayıflamış sinyalin EKFY çıkışında yükseltilmesi prensibine göre çalışır[168-169].

Sistem için kurulan EKFY'nin temel yapısı Şekil 5.16.a'da ve kurulumu Şekil 5.16.b'de verilmiştir. Şekil 5.16.b'de görüleceği üzere sisteme pompa sinyali vermek üzere pompa lazeri, iletim hattı olarak erbiyum katkılı fiber, pompa sinyalini ve sistem giriş optik sinyalini birleştirerek iletim hattına veren pompa kuplörü ve sinyalin iletimi sırasında iletim hattı eklerinden, sinyal birleştiriciden kaynaklı oluşabilecek yansıma kayıplarını engellemek için kullanılan optik izolatörlerden oluşmaktadır.



(a)

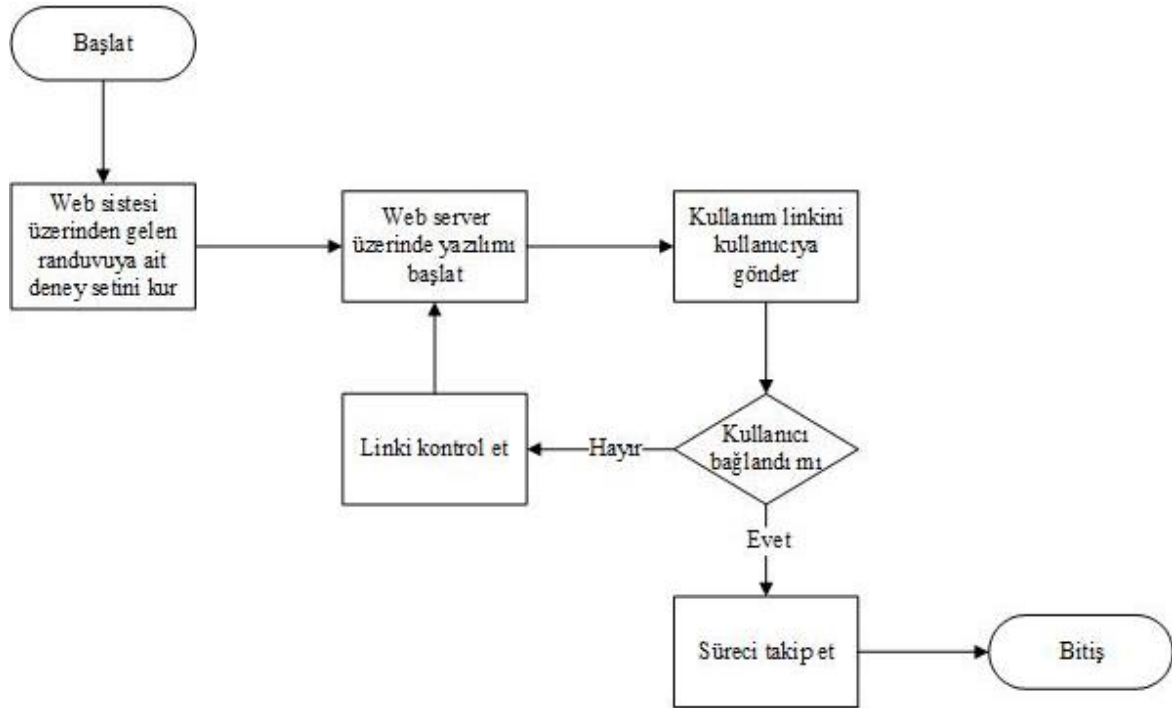


(b)

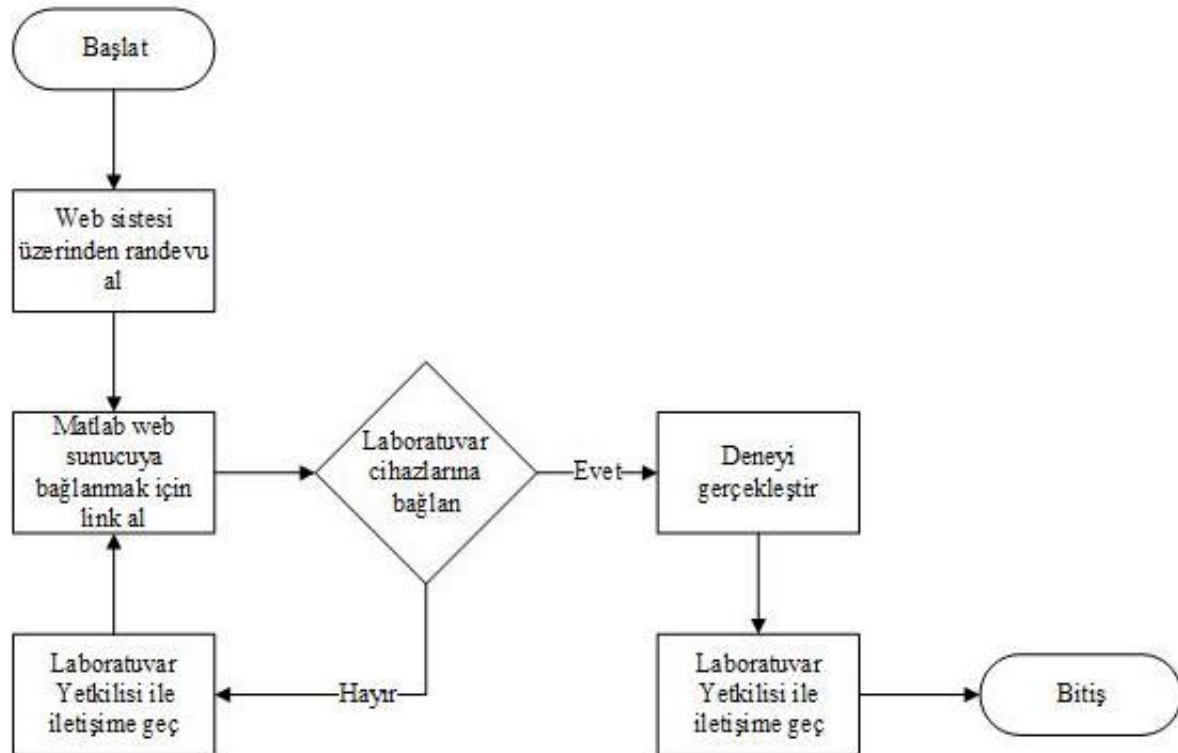
Şekil 5.16. Erbiyum katkılı fiber yükselteç (a) temel yapı (b) deneysel kurulumu

#### 5.4. Deneysel Uygulama

Laboratuvar yetkilisinin genel iş akış diyagramı Şekil 5.17’de verilmiştir. Hazırlanan web sitesinde laboratuvar yetkilisi, yararlanıcıların aldığı deney randevu bilgilerine yönetici ekranı veya tanımlı mail adresinden ulaşabilmektedir. Web sitesi yönetici ekranında yararlanıcı ile bire bir iletişime geçebileceği ekranlar mevcuttur ve yararlanıcı ile iletişim için genel olarak burası kullanılmaktadır. Laboratuvar yetkilisi alınan randevuda deney bilgisine uygun sistemi laboratuvar ortamında kurar. Sistemin fiziksel kurulumu tamamlandıktan sonra sunucu üzerinde yazılım kullanıma açılır ve ilgili link yararlanıcı ile paylaşılır. Kullanıcının sisteme bağlanma süreci kontrol edilir, bir aksilik durumunda yararlanıcı laboratuvar yetkilisi ile iletişime geçebilir ve kontrol sağlanır.



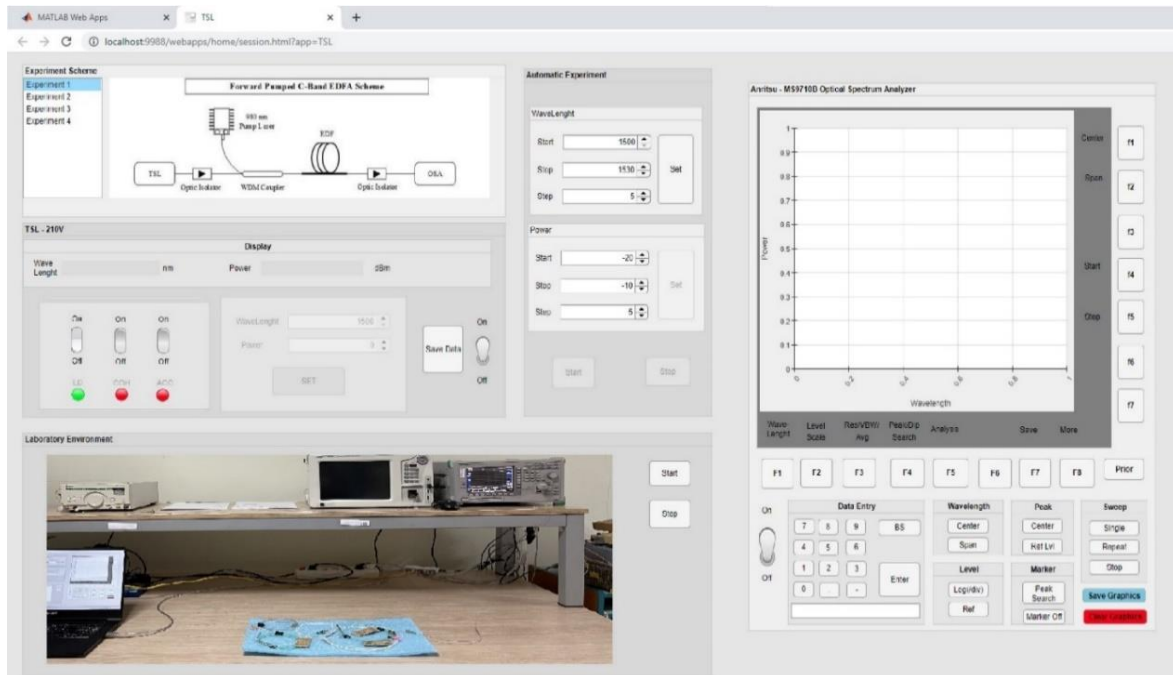
Şekil 5.17. Laboratuvar yetkilisinin sistem kullanımı akış diyagramı



Şekil 5.18. Yararlanıcının sistem kullanımı akış diyagramı

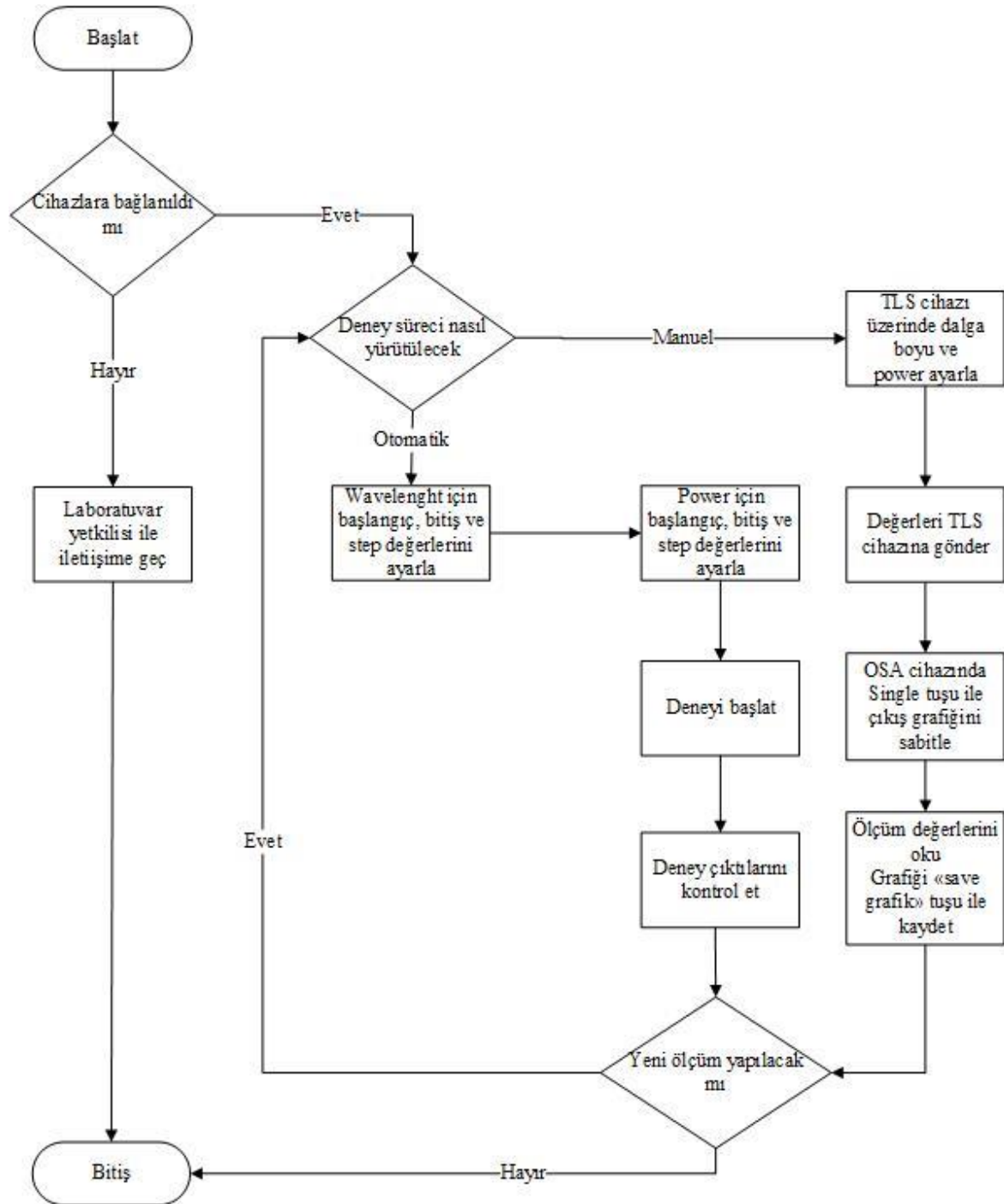
Şekil 5.18’de yararlanıcının sistem kullanımına ait akış diyagramı verilmiştir. Kullanıcı sistemde deney yapmaya başlamadan önce tasarlanan randevu sisteminden yapacağı deneyin uygun tarih ve saatini belirleyen bir randevu oluşturmalıdır. Randevu oluşturulduktan sonra ilgili gün ve saat geldiğinde laboratuvar yetkili yararlanıcıya MATLAB web sunucusuna erişim sağlayabilmesi için ilgili linki gönderir. Yararlanıcı sisteme ulaşır ve sistemi aktif eder. Sistem aktif edildiğinde laboratuvar ortamındaki cihazlara bağlantı doğru bir şekilde gerçekleşti ise deney gerçekleştirilmek üzere hazır hale gelir, aksi durumda laboratuvar yetkilisi ile web sitesi üzerinden iletişime geçilerek oluşan sıkıntının çözülmesi talep edilebilir.

Şekil 5.19’da yazılımın Web App Server’daki paylaşım hali görünmektedir. Burada yer alan “Experiment Scheme” paneli, kurulan deney setinin temel yapısını göstermektedir. Buna ek olarak “Laboratory Environment” panelinde deney ortamını canlı olarak izlemek için kurulan IP kamera “start” tuşu ile aktif edilip “stop” tuşu ile kapatılabilir. “Automatic Experiment” paneli ise otomatik ölçüm için kullanılmaktadır. Burada cihazların sadece otomatik ölçüm için gerekli özelliklerinin kullanımını sağlayan bir tasarım yapılmıştır. TLS ve OSA’ya ait program tasarımındaki On/Off anahtarları kullanılarak cihazların program ile bağlantıları aktif edilir. Cihazların gerçek görüntüleri tasarımda kodlarının uygulanabilirliği ve kullanım kolaylığı göz önüne alınarak sadeleştirilmiştir.



Şekil 5.19. Uygulamanın Web App Serverda paylaşım görüntüsü

Deneyisel ölçümler uygulama üzerinde 2 farklı şekilde yapılabilir; Manuel ölçüm ve Otomatik ölçüm. Şekil 5.20’de ölçüm türlerine ait akış diyagramı verilmiştir.



Şekil 5.20. Ölçüm akış şeması

#### 5.4.1. Manuel ölçüm

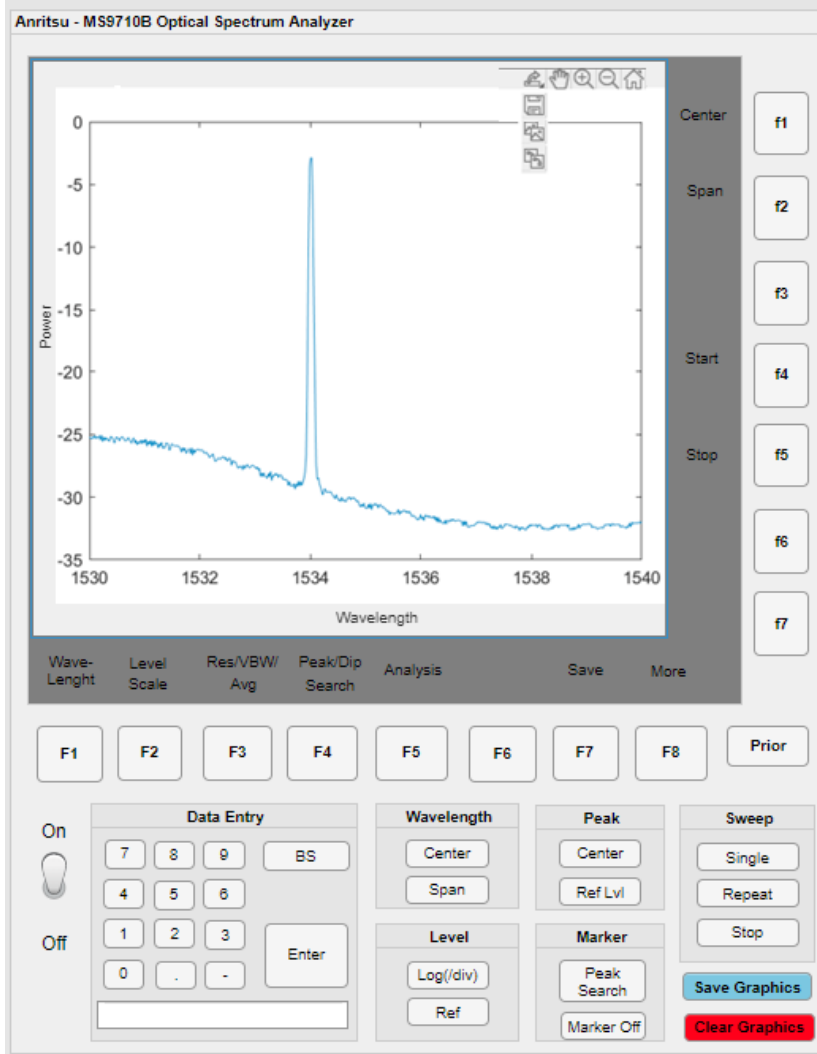
Manuel ölçüm, fiziki olarak cihaz başında birebir bulunup tüm değerleri tek tek değiştirerek sonuçları alma yöntemi ile benzetmektedir, değerler Şekil 5.19’da görünen TLS tasarımı üzerinde değiştirilir. Sonuç değerleri “Save Data” butonu ile manuel olarak kaydedilir. Şekil 5.19’da görünen OSA üzerindeki grafik çıktısı ise “Save Graphics” butonu ile “.png, .jpg, .tif, .fig, .bmp” vb. uzantılı olarak görsel dosya halinde kaydedilebilir. “Clear Graphics” butonu ile OSA üzerindeki grafik temizlenebilir.

Manuel ölçüm için, Şekil 5.20’deki akış şemasına da uyarak ilk olarak TLS’den sisteme ait başlangıç güç ve dalga boyu ayarlanır. Güç ve dalga boyu cihazda ayarlandığında yazılım üzerinde bulunan göstergelerde de değerler görülmektedir. Daha sonra LD anahtarı aktif edilerek sisteme sinyal verilir. LD’nin aktif olma durumu veya kapalı olma durumu ledin yeşil veya kırmızı olma durumundan takip edilebilir.

TLS’den gelen sinyal EKFY düzeneğinde giriş sinyali olarak kullanılmaktadır. Çıkış sinyali ise OSA cihazına verilmiştir. Şekil 5.21.a’da OSA cihazının gerçek ekran görüntüsünü, Şekil 5.21.b’de ise App Designer’da tasarlanan uygulama ekranında UIFigure üzerinde verilmiştir. Görüntü üzerinde yakınlaşma ve uzaklaşma yapılabilir. Yararlanıcı bu ölçüm tipinde IP kamera ile sistemin laboratuvar ortamındaki gerçek görüntüsünü görebilir.



(a)



(b)

Şekil 5.21. OSA cihazı sinyal çıkışı (a) gerçek OSA (b) App Designer görünümü

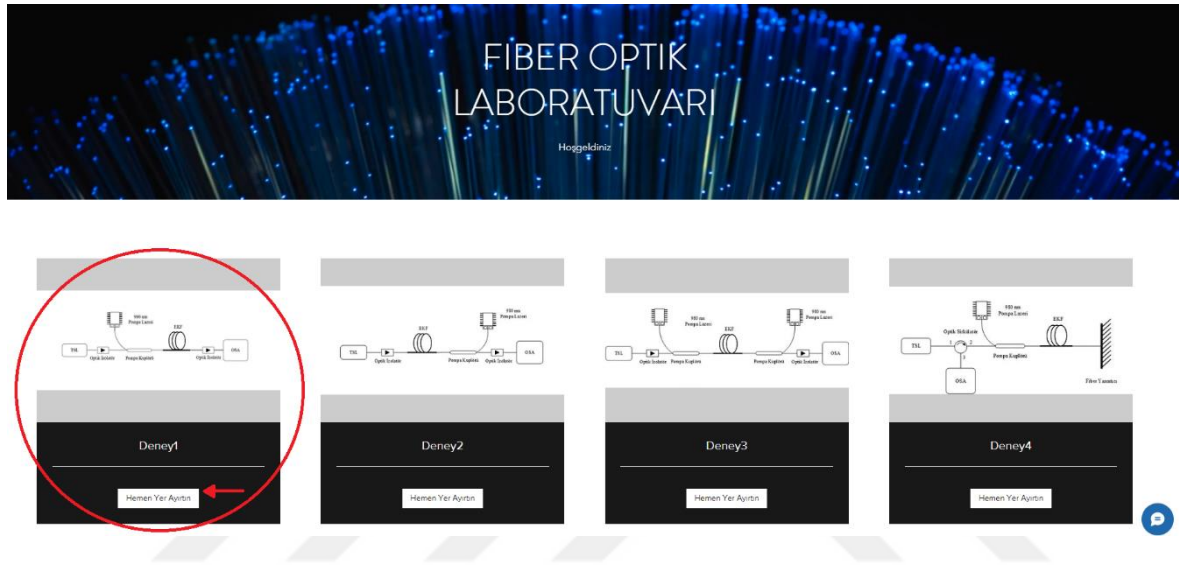
#### 5.4.2. Otomatik ölçüm

Otomatik ölçüm için ise Şekil 5.19'daki tasarımda yer alan "Automatical Experiment" paneli kullanılmaktadır. Öncelikle Şekil 5.20'deki akış şemasına uyarak cihazların bağlantıları ve TLS cihazının LD anahtarı açılarak sistem hazır hale getirilir. Daha sonrasında kurulan deneysel sistem için otomatik deney panelinde deneyin başlangıç, bitiş ve aralık değerleri belirlenir. Bu aşamadan sonra "start" tuşuna basılarak deney seti üzerinden ölçümler alınmaya başlanır. Alınan her ölçüm için giriş/ çıkış dalga boyu ve gücü bir excel dosyasına kaydedilir. Kaydedilen her adım için bir adet OSA çıkış görüntüsü alınır. Bu görüntü üzerinde cihazdan okunan "peak değeri" kırmızı ile işaretlenmiş şekilde ".jpg" dosyası olarak kaydedilir. Yararlanıcı manuel ölçümde olduğu gibi IP kamera ile sistemin

laboratuvar ortamındaki gerçek görüntüsünü görebilir. Otomatik ölçüm için örnek bir senaryo oluşturulmuş ve deney seti üzerinden sonuçlar alınmıştır.

#### 5.4.2.1. Örnek senaryo

Kullanıcı hazırlanan web sitesinden Deney1'in kurulması ve deneyi gerçekleştirebilmek uygun zamana dair randevu alabilmek için Şekil 5.22'de görünen kırmızı işaretli yeri seçer.



Şekil 5.22. Web sitesi deney seçimi

İlgili deney seçildikten sonra kullanıcı karşısına Şekil 5.23'de verilen deneyin gerçekleştirileceği tarih ve saatin seçilebilmesi için ekran gelir. Burada 1 numaralı bölümden deneyin yapılacağı tarih ve 2 numaralı bölümden deneyin yapılacağı saat seçildikten sonra 3 numaralı bölümden devam seçeneği seçilir. Devam seçeneği ardından Şekil 5.24'te verilen deneyi yapacak kişinin kişisel bilgilerini girdiği ve randevu alımını tamamladığı ekrana ulaşılır. Burada 1 numaralı bölüme kullanıcı adını, soyadını, iletişim bilgilerini ve varsa mesajlarını yazar ve 2 numaralı bölümde ise randevu alım işlemini tamamlar.

## Deney1

Müsaitlik durumumuzu kontrol edin, size uygun bir tarih ve saati seçin

Tarih ve Saat Seçin GMT+03:00 (GMT+3)

< Ocak 2023 >

| Pzt | Sal | Çar | Per | Cum | Cmt | Paz |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  | 1   |
| 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   |
| 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  |
| 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  |
| 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  |
| 30  | 31  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   |

20 Ocak Cuma

10:00

13:30

Randevu Özeti

Deney1  
20 Ocak 2023 10:00  
Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi  
1. Personel  
3 sa.

Devam

Şekil 5.23. Deneye ait tarih ve saat seçim ekranı

< Geri

Bilgilerinizi Girin

Bize biraz kendinizden bahsedin

Ad \*

E-posta \*

11/100

Telefon Numarası

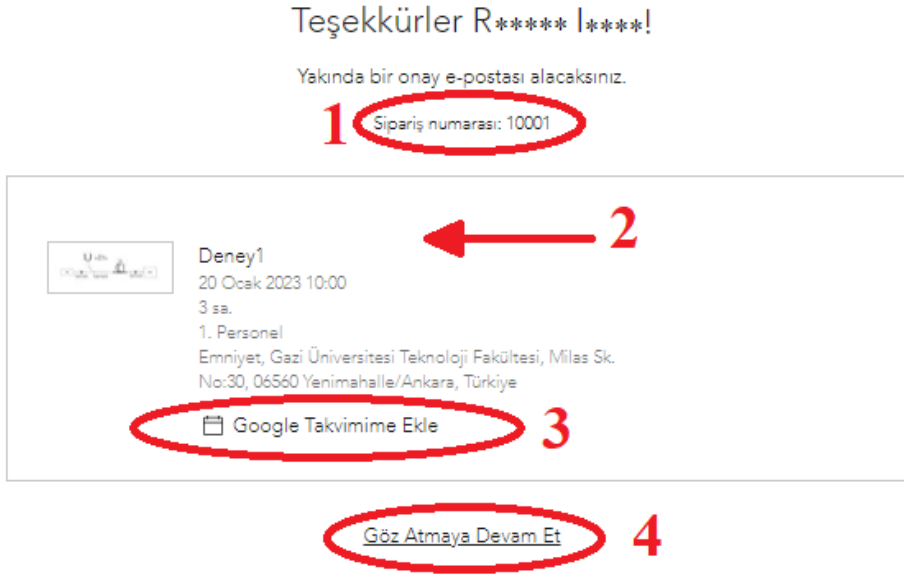
Mesajınızı Ekleyin

Randevu Özeti

Deney1  
2 Ocak 2023 10:00  
Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi  
1. Personel  
3sa.

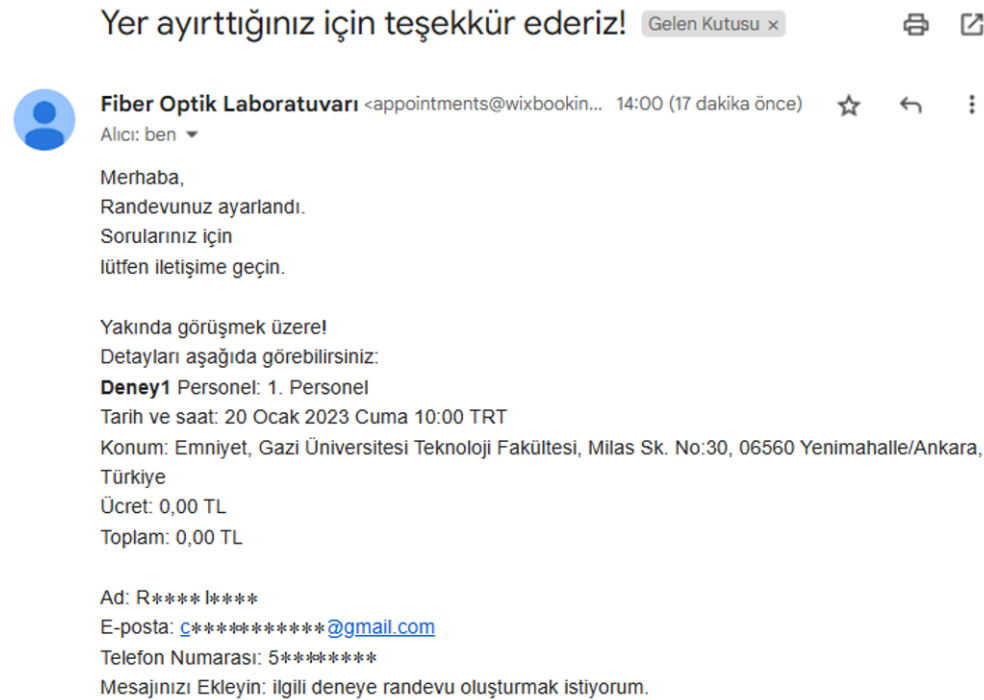
Yer Ayırt

Şekil 5.24. Kişisel bilgiler ekranı



Şekil 5.25. Randevu bilgileri ekranı

Şekil 5.25'te alınan randevuya ait bilgiler bulunmaktadır. 1 numaralı bölümde alınan randevu numarası, 2 numaralı bölümde alınan randevuya tarih, saat ve yer bilgileri, 3 numaralı bölümde kişinin Google takvimine hatırlatıcı olarak randevu tarih ve saatini ekleyebileceği seçim sekmesi ve 4 numaralı bölümde ise diğer deneylere randevu oluşturma için yönlendirme bulunmaktadır. Kullanıcı randevu alımını tamamladıktan sonra Şekil 5.26'da görüldüğü üzere mail gönderilir.



Şekil 5.26. Kullanıcıya gelen randevu bilgileri ne ait mail görüntüsü

Kullanıcıya giden randevu bilgilerine ait maile benzer bir yapıda, Şekil 5.27’de verilen içeriğe sahip bir mail de laboratuvar yetkilisine gider. Laboratuvar yetkilisi bilgilerde yer alan deneyin yapılacağı tarih ve saate uygun bir şekilde kurulumunu sağlar ve sistemi uzaktan erişime hazır hale getirir.



Şekil 5.27. Laboratuvar yetkilisine gelen randevu bilgilerine ait mail görüntüsü

Alınan randevu örneğinde kullanıcı Deney1 setinin kurulmasını talep etmiştir. Deney1 seti Şekil 5.16’da verilen kurulumu sahiptir. Sistemin uzaktan erişilebilir linki deney günü ve saatinde kullanıcıya laboratuvar yetkilisi tarafından ulaştırılır. Kullanıcı sisteme bu link aracılığı ile ulaşarak, Şekil 5.19’da verilen ekran üzerinden deneylerini yapmaya başlar.

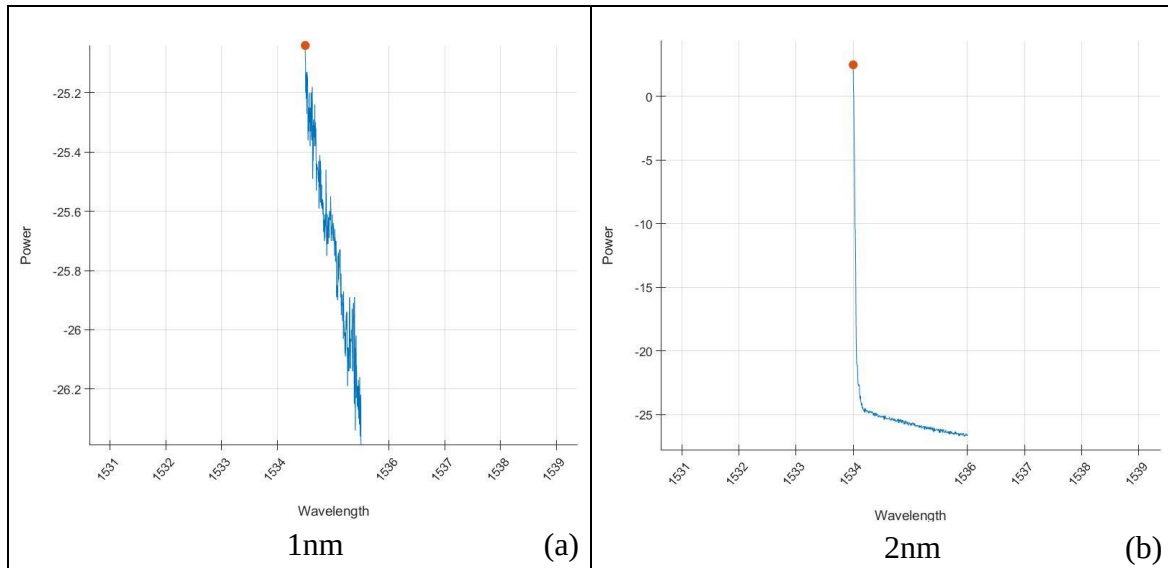
Kullanıcı deney seti üzerinde otomatik ölçüm yapmaya karar vermiştir. Otomatik ölçüme başlanmadan önce öncelikle ölçüm grafiklerini standartlaştırmak için “span” değeri hesaplanmıştır. Span değeri OSA’nın en yüksek ve en düşük ölçebileceği değerler arasındaki farkı temsil eder.

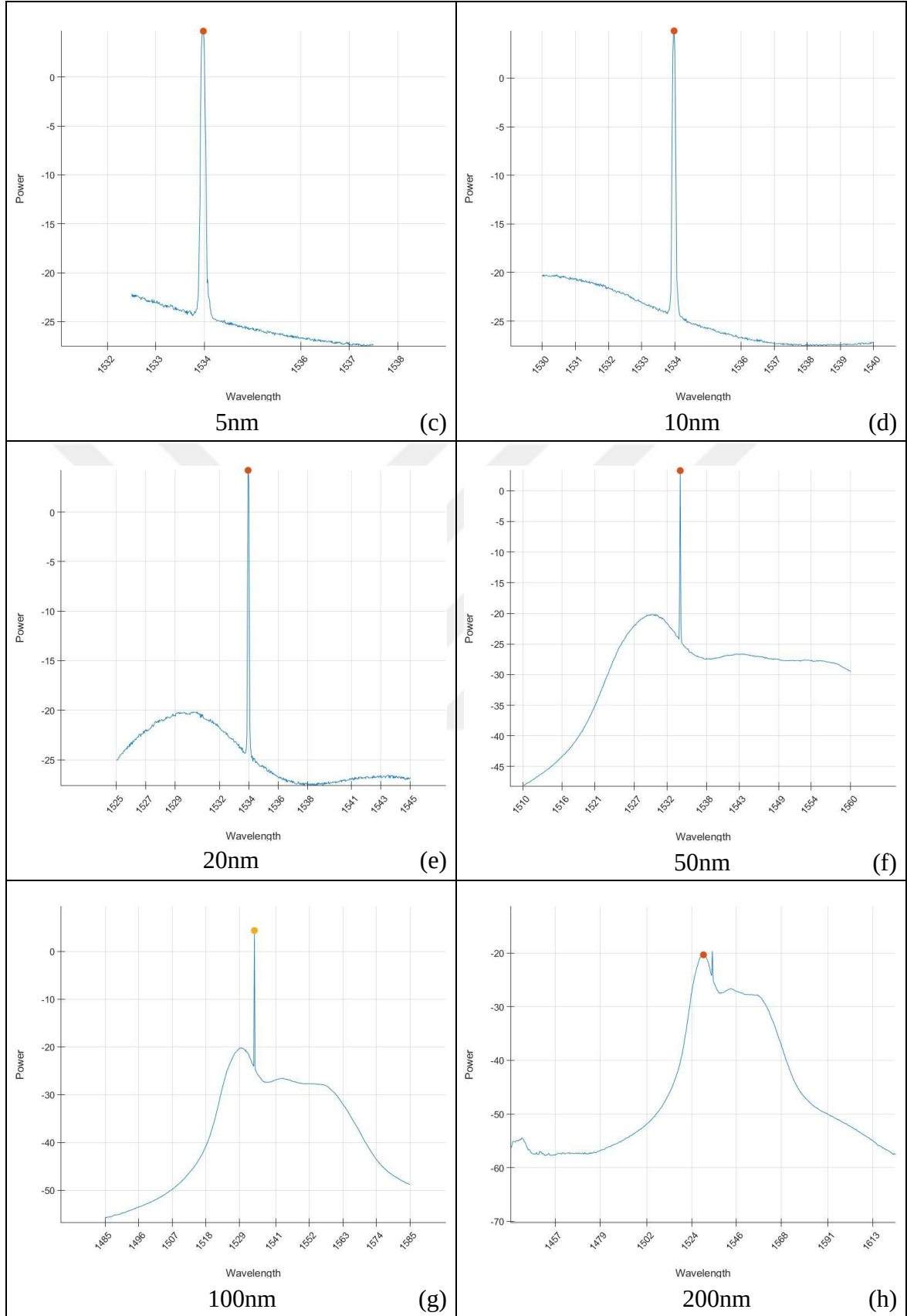
Çizelge 5.3’te görüleceği üzere sistem üzerinde 1535 nm dalgaboyu ve -20 dBm giriş gücünde 8 farklı (1nm, 2nm, 5nm, 10nm, 20nm, 50nm, 100nm ve 200nm) span değerinde

manuel ölçümler yapılmış ve Şekil 5.28’de verilen çıkış grafikleri elde edilmiştir. Şekil 5.28 ve Çizelge 5.3’teki çıkış değerleri incelendiğinde Şekil 5.28.d ‘de verilen grafiğe ait dalgaboyu çıkışı 1534nm ve güç çıkışı 4.85dBm değerleri ile en uygun çıkış değerinin 10nm span değerinde alındığı görülmüş ve tüm otomatik ölçümlerde span değeri 10nm olarak alınmıştır.

Çizelge 5.3. Span kararı ölçüm sonuçları

| Span değeri | Çıkış Dalgaboyu | Çıkış Gücü |
|-------------|-----------------|------------|
| 1nm         | 1534nm          | -25,04dBm  |
| 2nm         | 1534nm          | 2,48dBm    |
| 5nm         | 1533,98nm       | 4,7dBm     |
| 10nm        | 1533nm          | 4,85dBm    |
| 20nm        | 1533nm          | 4,21dBm    |
| 50nm        | 1534nm          | 3,3dBm     |
| 100nm       | 1534nm          | 4,39dBm    |
| 200nm       | 1534nm          | -20,32dBm  |





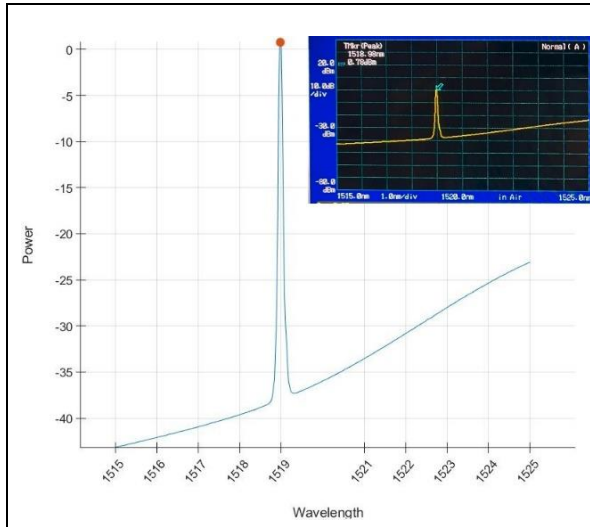
Şekil 5.28. Span değeri kararı OSA çıktıları

Örnek senaryo kapsamında gerçekleştirilen deney sürecinde 1520 nm ve 1547nm dalgaboyu aralığında 3 step değeri kullanılarak 10 farklı dalgaboyunda, -10dBm, -20dBm ve -30dBm olarak 3 farklı güç değerlerinde otomatik ölçümler yapılmıştır. Şekil 5.29'da bu ölçüm sonuçlarına ait giriş/çıkış güç ve dalgaboyu değerlerinin tutulduğu excel dosyasından kesitler verilmiştir. Elde edilen değerler farklı amaçlar için kullanıma uygun sayısal verilerdir.

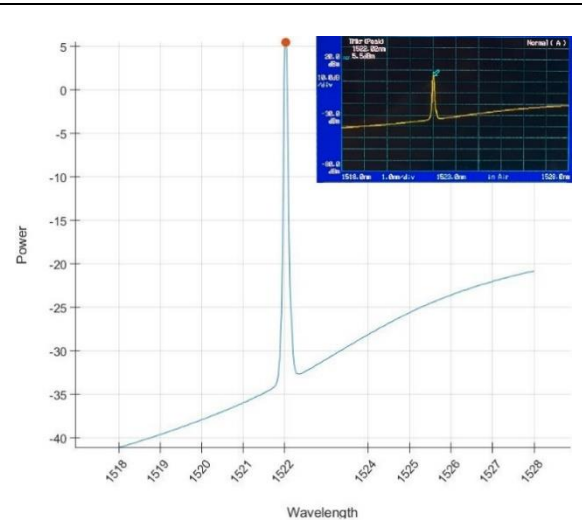
Şekil 5.30.a ve Şekil 5.30.ag aralığında verilen şekillerde ise belirtilen giriş dalgaboyu ve giriş güçlerine ait ölçümlerde elde edilen grafikler ile gerçek OSA görüntüleri birleştirilerek verilmiştir. Grafikler üzerinde, peak noktaları kırmızı ile işaretlenmiştir. Bu değerler excel dosyasında verilen çıkış gücü (Pout) değerleridir. Ayrıca cihaz üzerinde elde edilen çıkış grafiği nokta nokta okunarak, geliştirilen sistem üzerinde yeniden birleştirilerek grafik haline getirilmektedir. Bu sayede gerçek OSA'dan alınan değerlerde netlik kazanılmıştır.

|    | A    | B   | C       | D    |    | A    | B   | C       | D     |    | A    | B   | C       | D      |
|----|------|-----|---------|------|----|------|-----|---------|-------|----|------|-----|---------|--------|
| 1  | Win  | Pin | Wout    | Pout | 1  | Win  | Pin | Wout    | Pout  | 1  | Win  | Pin | Wout    | Pout   |
| 2  | 1520 | -10 | 1518.98 | 0.78 | 2  | 1520 | -20 | 1518.94 | -8.61 | 2  | 1520 | -30 | 1521.96 | -11.32 |
| 3  | 1523 | -10 | 1522.02 | 5.5  | 3  | 1523 | -20 | 1521.98 | -1.98 | 3  | 1523 | -30 | 1521.96 | -11.34 |
| 4  | 1526 | -10 | 1524.98 | 8.02 | 4  | 1526 | -20 | 1524.98 | 3.46  | 4  | 1526 | -30 | 1524.98 | -3.92  |
| 5  | 1529 | -10 | 1527.96 | 8.89 | 5  | 1529 | -20 | 1528    | 5.8   | 5  | 1529 | -30 | 1528.02 | -0.76  |
| 6  | 1532 | -10 | 1530.98 | 9.09 | 6  | 1532 | -20 | 1530.96 | 5.97  | 6  | 1532 | -30 | 1530.9  | -0.38  |
| 7  | 1535 | -10 | 1534    | 8.8  | 7  | 1535 | -20 | 1533.98 | 4.82  | 7  | 1535 | -30 | 1533.94 | -2.81  |
| 8  | 1538 | -10 | 1536.98 | 8.2  | 8  | 1538 | -20 | 1536.98 | 2.97  | 8  | 1538 | -30 | 1536.98 | -5.46  |
| 9  | 1541 | -10 | 1539.94 | 8.15 | 9  | 1541 | -20 | 1539.98 | 2.9   | 9  | 1541 | -30 | 1540    | -5.89  |
| 10 | 1544 | -10 | 1543    | 8.35 | 10 | 1544 | -20 | 1542.9  | 3.2   | 10 | 1544 | -30 | 1542.98 | -5.55  |
| 11 | 1547 | -10 | 1546    | 8.26 | 11 | 1547 | -20 | 1545.96 | 2.98  | 11 | 1547 | -30 | 1545.96 | -6.06  |

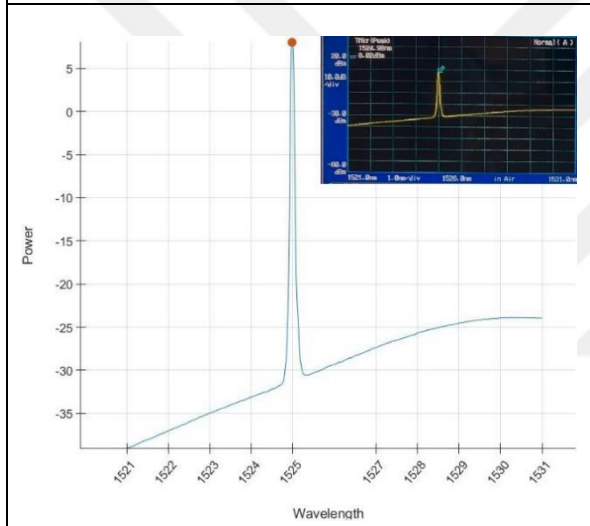
Şekil 5.29. Otomatik ölçüm sonuçları giriş/çıkış değer dosyası kesiti



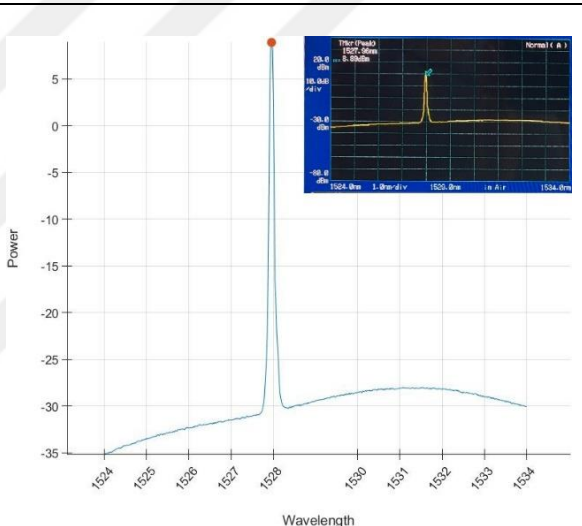
Win= 1520nm Pin= -10dBm (a)



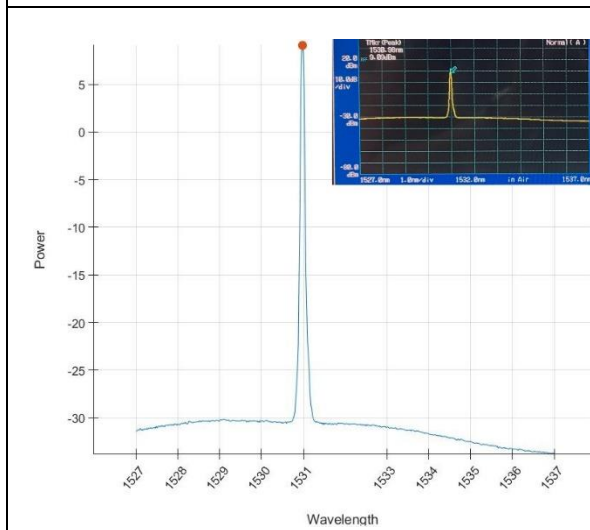
Win= 1523nm Pin= -10dBm (b)



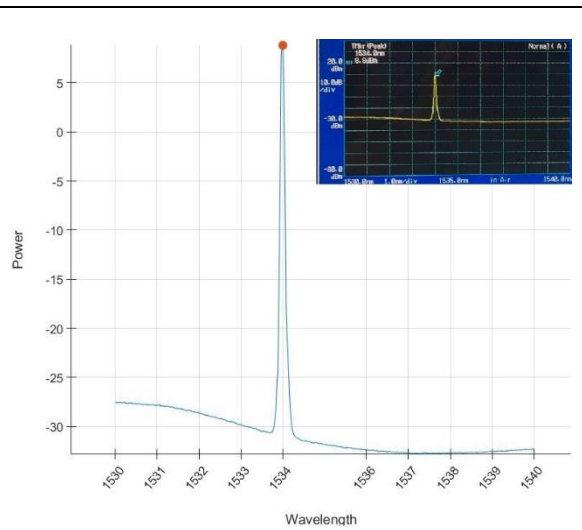
Win= 1526nm Pin= -10dBm (c)



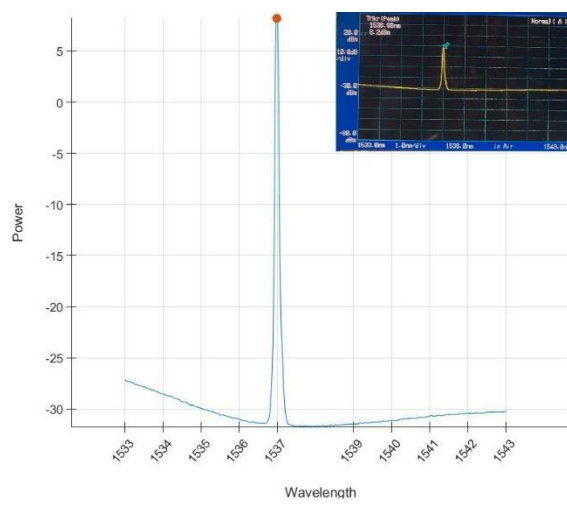
Win= 1529nm Pin= -10dBm (d)



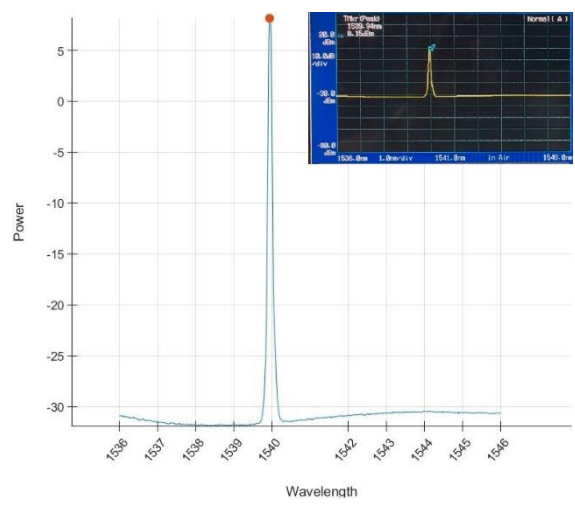
Win= 1532nm Pin= -10dBm (e)



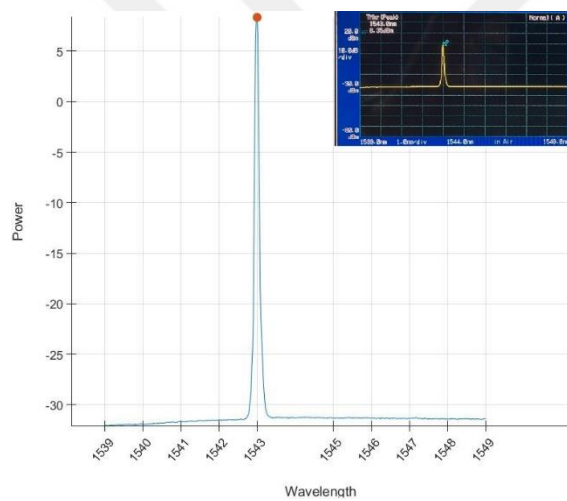
Win= 1535nm Pin= -10dBm (f)



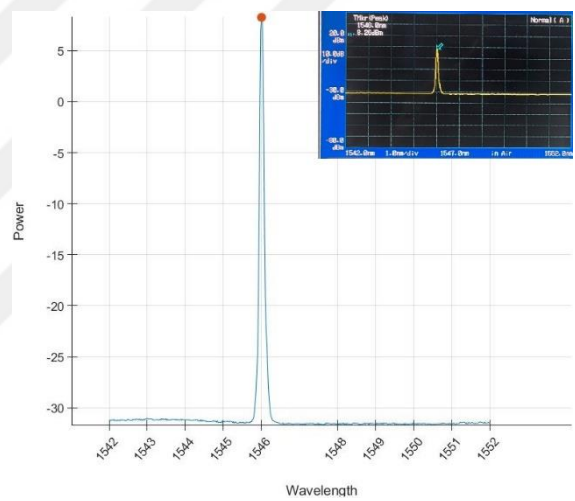
Win= 1538nm Pin= -10dBm (g)



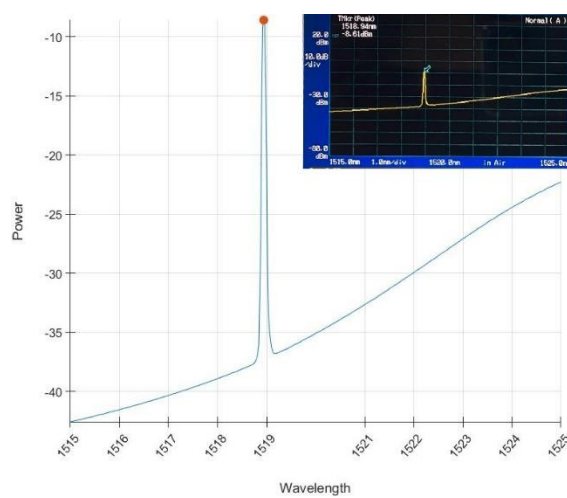
Win= 1541nm Pin= -10dBm (h)



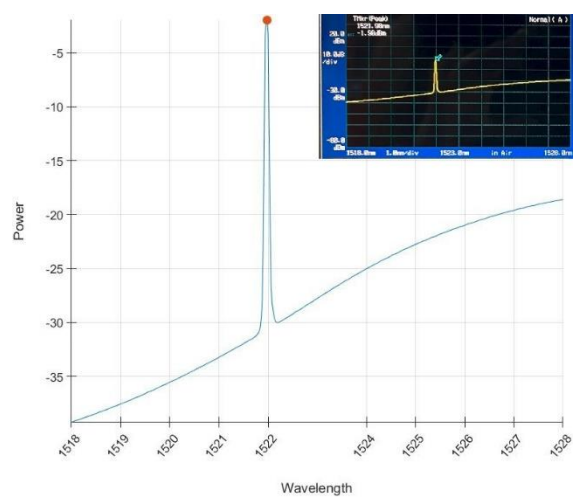
Win= 1544nm Pin= -10dBm (i)



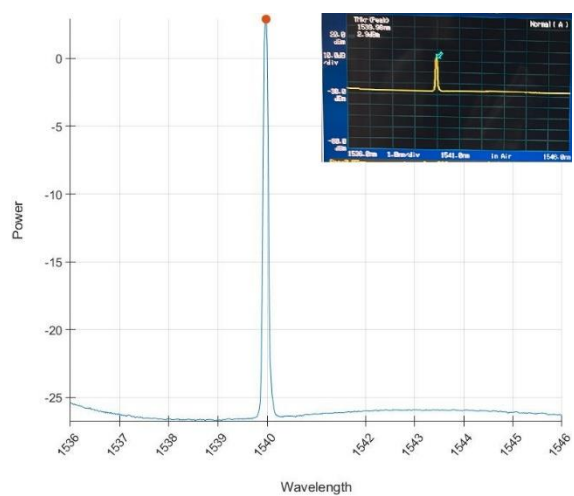
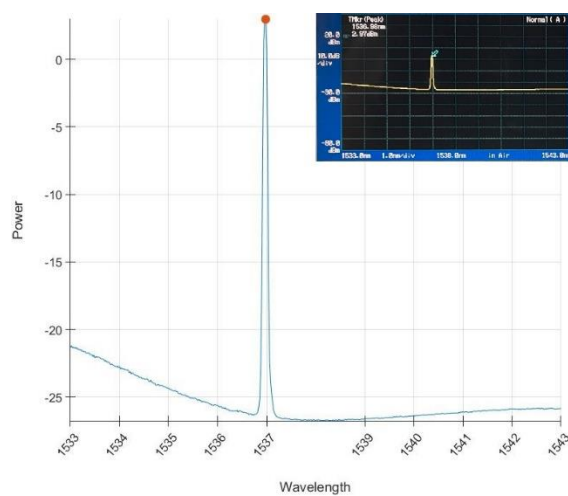
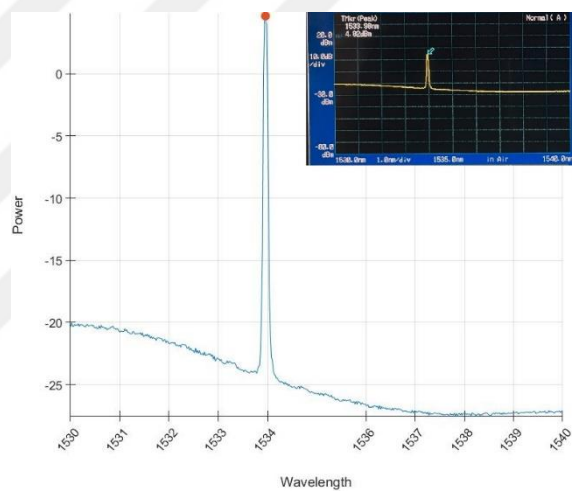
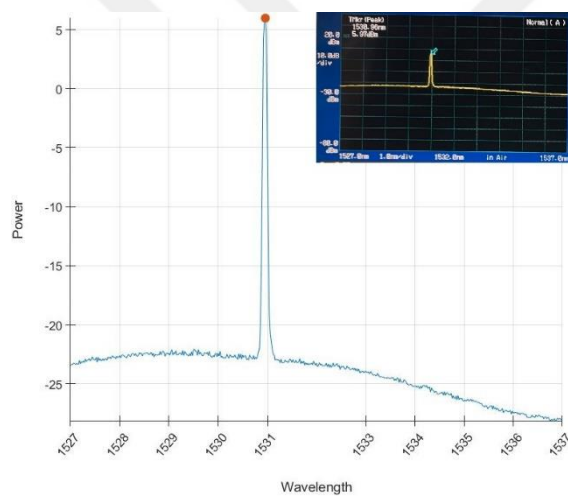
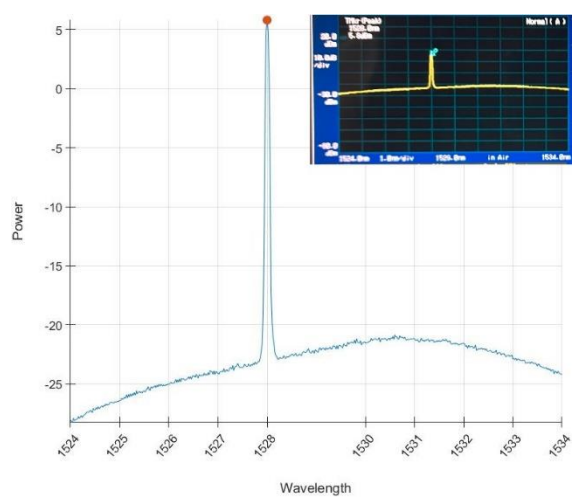
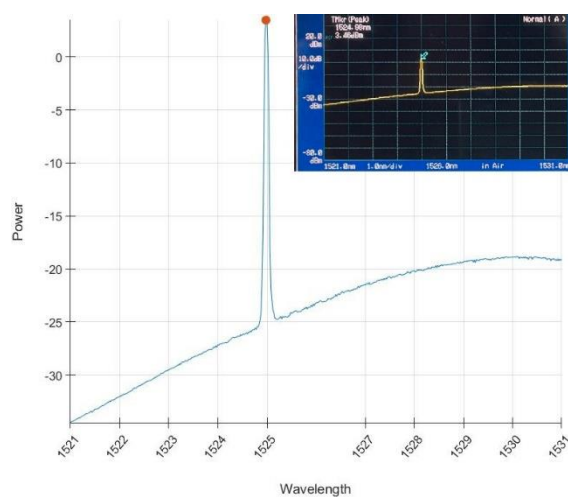
Win= 1547nm Pin= -10dBm (j)

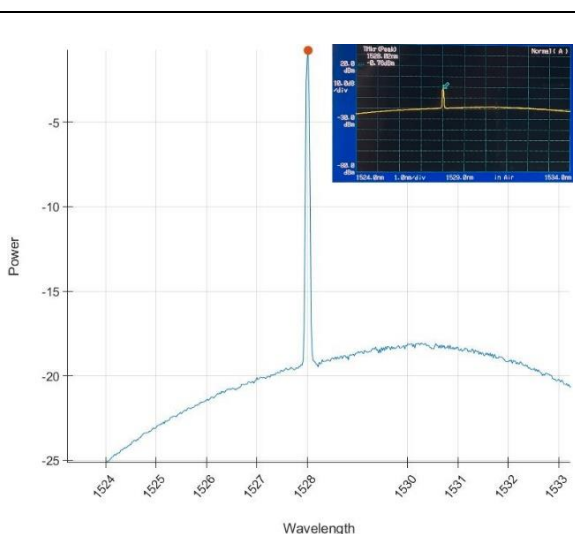
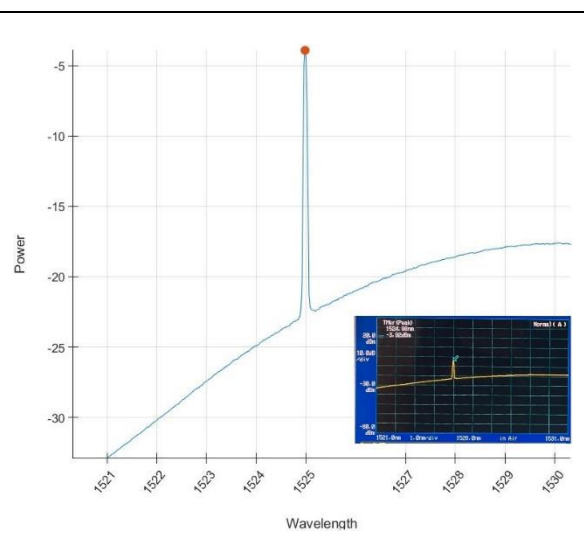
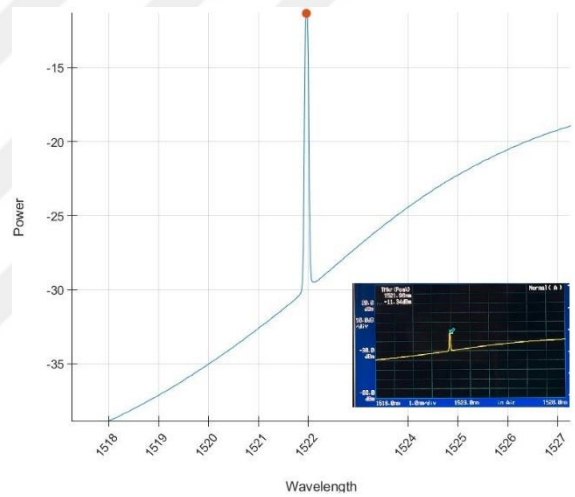
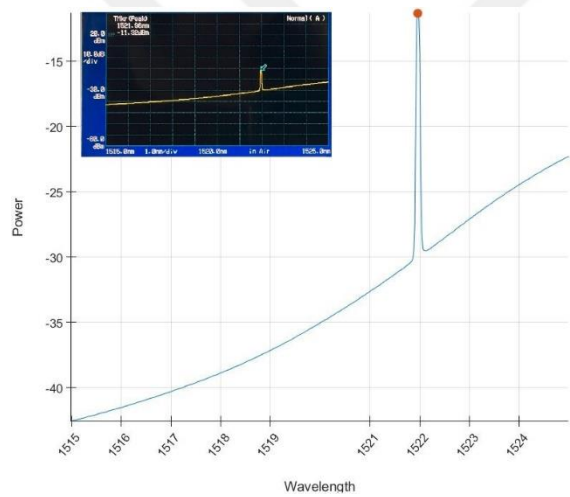
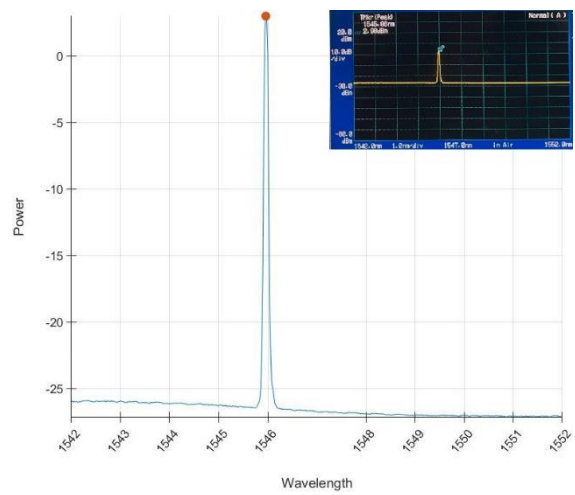
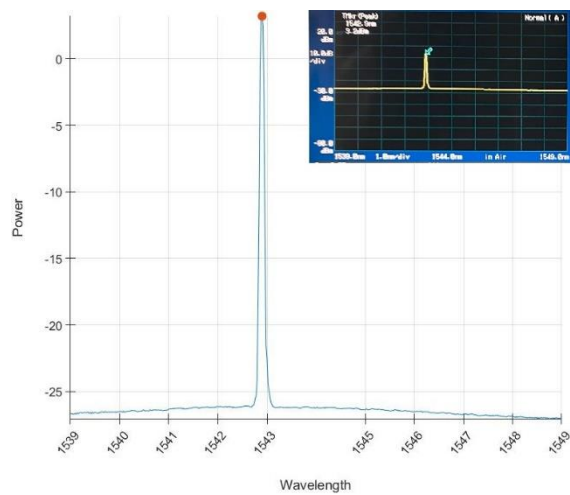


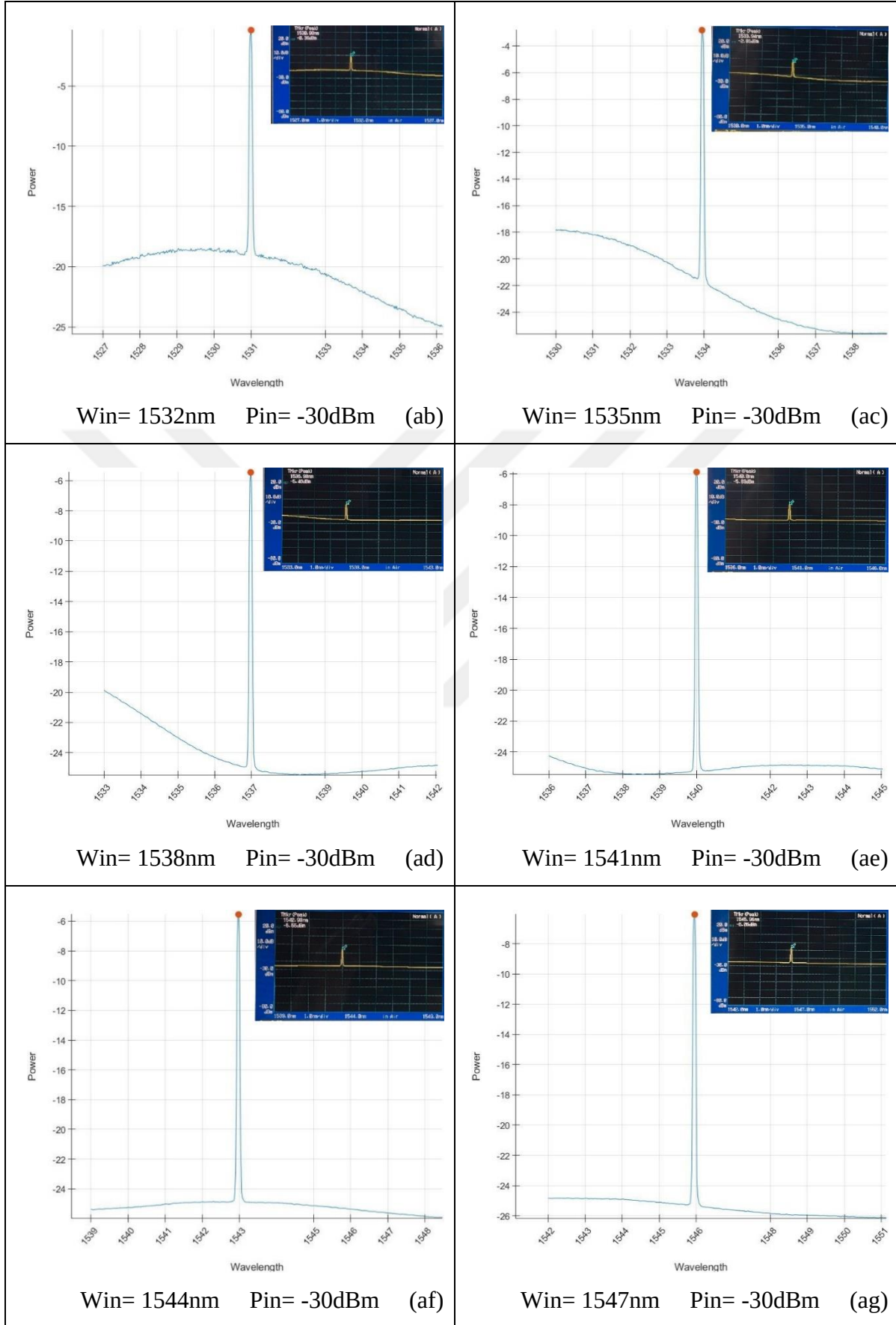
Win= 1520nm Pin= -20dBm (k)



Win= 1523nm Pin= -20dBm (l)







Şekil 5.30. Otomatik ölçüm sonuçları çıkış grafikleri



## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmada literatürde yer alan web tabanlı laboratuvarlar detaylı bir şekilde incelenmiş, genel olarak bilgisayar yazılımları, bilgisayar programları, ağ teknolojileri, sanal ve uzaktan erişimli laboratuvar türlerinde kullanılan veri tabanı yazılımları hakkında bilgi verilmiştir. Literatürdeki karşılaştırmalar göz önüne alındığında, uzaktan erişim laboratuvarlarının gerçek laboratuvarların kısıtlılıklarına çözüm sunması ve oradaki deneyimlere en yakın laboratuvarlar olması büyük bir avantaj olarak görülmektedir.

Çalışmalar genel olarak incelendiğinde, laboratuvar ortamının birebir benzetimleri ile görsel olarak sunulan sanal laboratuvarlar ile bilgisayar ortamındaki cihazlara erişim sağlanarak gerçek zamanlı deneylerin yapılabileceği uzak laboratuvarların olduğu görülmüştür. Laboratuvar ortamı, zaman ve mekândan bağımsız arayüzler aracılığıyla, maliyet, zaman, teknik destek gibi birçok açıdan geleneksel laboratuvarların kısıtlılıklarına çözümler sunar.

Bu anlamda uzaktan erişim laboratuvarlarının avantajları göz önünde bulundurularak tasarlanan fiber optik laboratuvarı, yararlanıcılara cihazın yakınında zaman, mesafe, yer ve erişim kısıtlamaları olmadan en gerçekçi deneyleri yapma ve sonuçları saklama ortamı sağlamaktadır. Fiber optik laboratuvarlarının kurulum maliyetleri ile ilgili olarak tasarlanan laboratuvarın tek bir laboratuvar sistemi ve sunucu üzerinden birçok kullanıcıya hizmet verebileceği görülmüştür. Laboratuvar ortamında uzun çalışma saatleri alan deneysel çalışmalar, uzaktan erişim ve otomatik deney paneli ile kontroller sayesinde günlük akış içerisinde yapılabilmektedir. Özellikle kampüs ağı içerisinde kullanıcıların sisteme standart bir tarayıcı üzerinden bağlanmasını sağlayan MATLAB Web App Server, yararlanıcıların uzak sisteme bağlanırken bilgisayar donanımı ve yazılım kurulumu ihtiyacını ortadan kaldırmaktadır.

Pratik deneylerin ve araştırmaların gerçek ekipmanlarla yapılması çok önemlidir. Bu çalışma, öğrencilerin ve araştırmacıların her yerde ve her zaman gerçek donanımla tamamen çevrimiçi bir ortamda deney/araştırma yapmalarına olanak sağlamıştır. Sistemi değerlendirmek için uzaktan örnek bir deney yapılmış ve sonuçların gerçek sonuçlarla eşleştiği gözlemlenmiştir. Sonuçlar, uzak laboratuvarın oldukça itibarlı olduğunu ve gerçek deneyler gerçekleştirme amacına ulaşıldığını göstermiştir. Ayrıca sistem üzerinde kurulan tek bir deney seti üzerinde birden fazla sonuç alınarak sistem çıkışının kararlılığı kontrol edilebilir.

Hazırlanan yazılım fiber optik sistemler için ilk uzaktan erişimli gerçek zamanlı sistem olma niteliği taşımaktadır. Çalışma kapsamında sadece kampüs ağı erişimine açık olan yazılımın geliştirilerek internet ortamında yayımlanmaya ve laboratuvarlarda bulunan diğer cihazlara da erişim sağlanarak sistem genişletilmeye çok müsaittir. Kontrol edilen cihazların bağlantı hızı veri aktarımında yavaş kaldığı fiber sistemlerde veriler yüksek hızlı veri işleme kartları ile alınarak sisteme aktarılabilir. Çok kullanıcıli etkinliklerde ana kullanıcı ve dinleyiciler olarak ayırarak sistem üzerinde bir kişi deney yaparken diğer kişilerin izlenmesi sağlanabilir. Özellikle uluslararası platformlarda ikili anlaşmalar yapılarak daha kapsamlı ve donanımlı laboratuvarlar oluşturularak, lisans öğrencilerinin eğitimleri yanı sıra, lisansüstü ve sonrası araştırmacıların çok daha düşük bütçelerle araştırma yapabilmesini, ikili işbirliği projelerinde mesafelerin ortadan kaldırılmasını sağlayabileceği görülmektedir.

## KAYNAKLAR

1. İşman, A., (2008). *Distance learning*. (Third edition). Ankara: Pegem Academy Publications, 10.
2. Yılmaz İnce, E. ve Kutlu, A. (2014, Şubat 5-7). Web tabanlı laboratuvarlar. *Akademik Bilişim'14 - XVI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri*, s. 441-448.
3. Wuttke, H.D., Henke, K. and Ludwig, N. (2005). Remote labs versus virtual labs for teaching digital system design. *International Conference on Compute Systems and Technologies - CompSysTech'*, 5, pp. 2-6.
4. Heradio, R., Torre, L. and Dormido, S. (2016). "Virtual and remote labs in control education: a survey", *Annual Reviews in Control*, 42, pp. 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2016.08.001>
5. Arı, M. (2003). Laboratory use and infrastructure needs in the distance education model to be applied in vocational and technical education. *Ankara University IVETA Regional Conference*, pp. 76-80.
6. Swamy, N., Kuljaca, O. and Lewis, F. L. (2002). Internet-based educational control systems lab using netmeeting. *IEEE Transactions on Education*, 45, 145-151.
7. Erkan, E., and Altun, H. (2003). Java and web-based distance education: virtual classroom and virtual laboratory project for e-learning. *1st National Symposium on Electrical-Electronics-Computer Engineering Education*, Ankara.
8. Abdulwahed, M. and Nagy, Z. K. (2011). The TriLab, a Novel ICT Based Triple Access Mode Laboratory Education Model. *Computer & Education*, 56(1), 262-274.
9. Dama, P., Shinde, A., Maniyar, H., Parkar, Z. and Singh, A. (2020). Design of optical fiber communication experiments using simulation software. *Proceedings of the 3rd International Conference on Advances in Science & Technology (ICAST) 2020*. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3568086>
10. Guzzi, R., Scarpanti, S., Ballista, G. and Di Nicolantonio, W. (2005). An educational development tool based on principles of formal ontology. *Educational Technology & Society*, 8(1), 80-89.
11. Irmak, E. (2009). Design of a remote access e-laboratory platform. *J.FAc.Eng.Arch.Gazi Üniv.*, 24(2), 311-322.
12. Federl, P. and Prunsinkiewicz, P. (1999). Virtual laboratory: an interactive software environment for computer graphics. *Computer Graphics International*, 242.
13. Şimşek, M. (1998). *Virtual instrumentation for basic electrical and electronics laboratory*. Unpublished Master's Thesis, Middle East Technical University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara.
14. Benjamini, R. (1988). *The Virtual soils laboratory*, Unpublished Master Thesis, Albert Nerken School of Engineering, USA.

15. Salur, P. K. (1999). *A model for World Wide Web-based asynchronous laboratory learning in engineering education*, Unpublished Masters Thesis, West Virginia University, Computer Science & Electrical Engineering, USA.
16. Danielson, J. A. (1999). *The design, development and evaluation of a Web-based tool for helping veterinary students learn how to classify clinical laboratory data*. Unpublished Doctoral Thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, USA.
17. Kasapbaşı, M. C. (2001). *The implementation of the measurement and instrumentation course laboratory in a virtual environment using the labview program*. Unpublished Master Thesis, Marmara University Graduate School of Natural and Applied Sciences Computer Engineering Sciences, İstanbul.
18. Xiong, R. (2004). *A Web-based virtual sensory laboratory for predicting tenderness in poultry pectoralis major muscles*. Unpublished Doctoral Thesis, University of Arkansas, USA.
19. Chi, M. (2005). *Development of virtual laboratory as an educational-research tool in food processing*, Unpublished Master Thesis, McGill University, Canada.
20. Uğuz, S., Oral, O. and Aksoy, B. (2018). Creating virtual laboratory for STEM education. *Journal of Research in Education and Teaching*, 7(1), 2146-9199.
21. Bayraktar, U. (2005). *Üç fazlı asenkron motor deneylerinin eğitimi amaçlı benzetimi*. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
22. Karagöz, Ö. and Özdenir Dönmez, N. (2010). Evaluation of the usability of different virtual lab software used in physics courses. *Bulgarian J. Science & Education Policy*, 4, 216-235.
23. Boggs, C.N. (2006). *The virtual edge- development and evaluation of virtual labs for a general microbiology classroom*. Unpublished Doctoral Thesis, University of Wyoming, USA.
24. Mitchell, M.S. (2006). *Virtual lab development for instructional use in the thermodynamics laboratory*. Unpublished Master Thesis, University of Colorado, USA.
25. Coombs, J.M. (2007), *Enhancement of masonry curriculums through virtual laboratory experiments*. Unpublished Master Thesis, University of Wyoming, USA.
26. Tanyıldızı, E. and Orhan, A. (2005). Sanal öğrenme ve uzaktan eğitim. *Bilgisayar Mühendislikleri 2. Ulusal Sempozyumu*, 80-85.
27. Tuncer, A. and Yıldırım M. (2012), Web-based virtual laboratory for genetic algorithm. *Journal of Technical - Online*, 11 (1), 19-31.
28. Oral, I., Bozkurt, E. and Guzel, H. (2009). The effect of combining real experimentation with virtual experiment on students' success. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 30, 1599-1604,.

29. Hu, W. (2008). *Design of networked control systems and global web-based control laboratory*. Unpublished Doctoral Thesis, University of Glamorgan, UK.
30. Fang, M. (2009). *An evaluation in china and the UK of a virtual laboratory in materials science*. Unpublished Master Thesis, China Central Radio and TV University, China.
31. Pilat, M.L. (2009). *Morphid academy a virtual laboratory for evolution of form and function*. Unpublished Doctoral Thesis, University of Calgary, Canada.
32. Güngör, S. (2009). *A basic communication laboratory design in a virtual environment*. Unpublished Master Thesis, Sakarya University Institute of Science and Technology, Sakarya.
33. Varan, M. (2009). *Chaotic simulation laboratory application*. Unpublished Master Thesis, Sakarya University Institute of Science and Technology, Sakarya
34. İşgüzar, S. and Varol, A. (16-18 May, 2011). *The importance of virtual laboratory systems on the robotics course*. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ.
35. Kubat, C and Kiraz, A. (2012). The modeling of tensile test in virtual laboratory design using artificial intelligence. *Journal Of The Faculty Of Engineering And Architecture Of Gazi University*, 27, pp. 205.
36. Deperlioglu, O. and Topuz, F. (2010). Virtual lab application for data structures and algorithms course. *Tenth International Educational Technology Conference*, 1, 1721-1726.
37. Unal M., Savaş, K., Topuz, V. and Erdal, H. (2010). Web Based Control Simulations Environment WBCSE for control education with MATLAB. *Tenth International Educational Technology Conference*, 3, 1759-1764.
38. Nunez, E. (2010). *The development and deployment of a remote virtual lab based on Amazon Cloud for networking courses*. Unpublished Master Thesis, Rochester Institute of Technology, USA.
39. Alsultaan, H. (2017). *Virtual Ant Laboratory (VAL) Model*. Unpublished Master Thesis, University of Colorado, USA.
40. Kadne, A. (2010). *vLab- a cloud based resource and service sharing platform for computer and network security education*. Unpublished Master Thesis. Arizona State University, USA.
41. Andersoni B. R., Joines, A.K. and Daniels, T.E. (2009). *Xen worlds: leveraging virtualization in distance education*. Conference On Innovation And Technology IN Computer Science Education, 293-297. Doi: <https://doi.org/10.1145/1562877.1562967>.
42. Achumba, I. E., Azzi, D., Dunn, V.L. and Chukwudebe, G.A. (2013). Intelligent Performance Assessment Of Students' Laboratory Work In A Virtual Electronic Laboratory Environment. *IEEE Transactions On Learning Technologies*, 6 (2).

43. Tatlı, Z. and Ayas, A. (22-24 Sept., 2011). *Virtual chemistry lab development process*. 5th International Computer & Instructional Technologies Symposium, 22, Elazığ.
44. Diker, M. (2011). *Virtual laboratory application for programming fundamentals*. Unpublished Master Thesis, Afyon Kocatepe University Institute of Science and Technology, Afyon.
45. Ayas, M.Ş. and Altas, I., H. (2016). A virtual laboratory for system simulation and control with undergraduate curriculum. *Computer Applications In Engineering Education*, 24 (1), 122-130.
46. Zhu, Z., Shen, Y., Lin, C.Y., Ren, S., Smith, K. and Dean, A.W., (2018). Design of a virtual laboratory for automation control. *2018 Asee Annual Conference And Exposition*, Paper ID: 21417, 2018.
47. Taher, O.F. and Bay, O.F. (2013). Web based virtual lab design for distributing cloud computing platform and software services. *Journal of Polytechnic*, 16 (2), 81-87.
48. Kiraz, A., Kubat, C., Özbek, Y. Y., Uygun, O. and Eski, H. (2014). A web-based virtual experiment in material science: Tensile test laboratory application. *Acta Physica Polonica*, 125, pp. 310. DOI: 10.12693/APhysPolA.125.310.
49. Yalçın, N. A. and Vatansever, F. (2016). A web-based virtual power electronics laboratory. *Computer Applications In Engineering Education*, 24, (1), 71-78.
50. Xu. L., Huang, D. and Tsai, W. (2017). Cloud-based virtual laboratory for network security education, *IEEE Transactions on Education*, 57 (3), 145-150,
51. Thornton, J. Z. (2015). A virtualized SCADA laboratory for research and teaching. Unpublished Master Thesis, Mississippi State University, USA.
52. Coteli, R. and Gokcan, A., O. (2018). Virtual laboratory for power electronic based reactive power compensators. *Tehnicki vjesnik - Technical Gazette*, 25(Supplement 1), Doi: 10.17559/TV-20161215152915,.
53. Sönmez, E. and Kacar, S. (2016). MATLAB builder ne and asp.net based web lab design for control systems., *Sakarya University Journal of Science Institute*, 20 (2), 155-165. ISSN: 1301-4048 / 2147-835X.
54. Cano, S.E.S. (2018). *Design and implementation of a virtual reality laboratory for mechanical maintenance*. Unpublished Master's Thesis, Morehead State University, USA.
55. Ren, S. (2019). *A utility framework for selecting immersive interactive capability and technology for virtual laboratories*. Unpublished Doctoral Thesis, Old Dominion University, USA.
56. Nunez, J. (2010). *Time delay and its effect in a virtual lab created using cloud computing*. Unpublished Master's Thesis, Rochester Institute of Technology, USA.

57. Yerden, A.U. (2020). *Enriched virtual reality supported internet based remote access laboratory design and application*. Unpublished PhD. Thesis, Marmara University Institute of Science and Technology, İstanbul.
58. Lei, Z., Zhou, H., Hu, W., and Liu, G. -P. (2022). Teaching and comprehensive learning with remote laboratories and MATLAB for an undergraduate system identification course. In *IEEE Transactions on Education*, 65 (3), 402-408. doi: 10.1109/TE.2021.3123302.].
59. Guo, L., Nauman. M.M.A., Vengalil,M., Wang, K. and Santuzzi,A. (2022). Engaging renewable energy education using a web-based interactive microgrid virtual laboratory. *IEEE Access*, 10, 60972-60984.
60. Luse, A., Brown, A. and Rursch, J. (2021). Instruction in 802.11 technology in online virtual labs. in *IEEE Transactions on Education*, 64 (1) 12-17. doi: 10.1109/TE.2020.2998701
61. Ruo Roch, M. and Martina, M. (2022). VirtLAB: A low-cost platform for electronics lab experiments. *Sensors*, 22, 4840. <https://doi.org/10.3390/s22134840>
62. Alsaleh, S., Tepljakov, A., Köse, A., Belikov, J. and Petlenkov, E. (2022). ReImagine lab: Bridging the gap between hands-on, virtual and remote control engineering laboratories using digital twins and extended reality," in *IEEE Access*, 10, 89924-89943. doi: 10.1109/ACCESS.2022.3199371.
63. Lei, Z., Zhou, H., Hu, W., Deng, Q., Zhou, D. Liu, Z.W. and Gao, X. (2021). 3-D interactive control laboratory for classroom demonstration and online experimentation in engineering education. *IEEE Transactions on Education*, 64 (3), 276-282. doi: 10.1109/TE.2020.3041070
64. Guan. S, Hu, W., Zhou,H., Lei, Z., Feng, X. and Liu, G.P. (2021). Design and implementation of virtual experiment for complex control system: A case study of thermal control process. *IET Gener. Transm. Distrib*, 15, 3270–3283. <https://doi.org/10.1049/gtd2.12259>.
65. Fujita, J.S.T., Cassaniga, R.F. and Fernandez, F.J.R. (9-12 June, 2003). *Remote laboratory. International symposium on industrial electronics IEEEISIE' 2003*. Emerging Technologies – Industrial Applications of Internet Technology, Rio de Janeiro, Brazil,
66. Shizgel, I. (1982). *A real-time microprocessor-based laboratory system*. Unpublished Masters Thesis. McGill University, USA.
67. Borsheim, R. R. (1982). *Real-time data acquisition from a laboratory combustor*. Unpublished Master's Thesis, The University of Arizona, USA.
68. Ye, Y. (2002). *Requirements, design and implementation of a real-time programming laboratory*. Unpublished Master's Thesis, Dalhousle University, Canada.
69. Taşdelen, K., Kutlu, A. and Küçüksille, E., (1999). *Internet based lab application for microcontroller course*. National Committee of Informatics.

70. Çetin, H.H. (2006). *System manager interface design for virtual micro controller laboratory*. Unpublished Master's Thesis, Süleyman Demirel University Institute of Science and Technology, Isparta.
71. Annabathula, R. (2007). *A Web-based tool for analysis of crime laboratory data*. Cept University, Industrial Engineering, Master Thesis.
72. Azaklar, S. and Korkmaz, H. (2010). A Remotely Accessible and Configurable Electronics Laboratory Implementation by Using Labview. *Computer Applications in Engineering Education*, 18(4), pp. 709-720.
73. Doğan, B. and Erdal, H. (2007). System Control Through The Internet and A Remote Access Laboratory Implementation. *International Conference on Web-Based Learning*, pp 532-541.
74. Irmak, E. (2009). Design of a Remote Access e-Laboratory Platform. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 24(2), 311-322.
75. Kırlar, N., A. Yayla, and A. Akar. (2007). Communication Systems Experiments in Web Based Visual Laboratory. *7th International Educational Technology Conference, Nicosia, North Cyprus*, 517.
76. Yayla, A. (2007). *Telekomünikasyon dersi laboratuvar çalışmalarının internet üzerinden gerçek zamanlı uygulamaları*. Marmara Üniversitesi, Elektronik-Bilgisayar Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 201629
77. Candan, Z. (2008). *Real-Time Control of Systems over the Web*", Bahçeşehir University Institute of Science and Technology. Information Technologies Program, Master Thesis.
78. Kutlu, A. and Delikanlı, K. (2009). Internet Control of Digital AC Servo Motor Experiment Set. *Journal of Suleyman Demirel University Institute of Science and Technology* 13, 96-100.
79. Yıldız, U., Inal, M.M, Solak, S. and Altınışık, U., (2016). Virtual Classroom Application With Web-Based Real-Time Communication Technology. *Journal of Research in Education and Teaching*, 5(33), ISSN: 2146-9199.
80. Tekin, A. and Ata, F. (2009). Developing an Internet Based Virtual Lab for Speed Control of Induction Motors with a PI Controller. *Firat University Journal of Engineering*, 21(2).
81. Shamiullah, M.Y.B., (2010). *Web Based Real Time Remote Laboratory*. The University of Texas at San Antonio, Electrical Engineering, Master Thesis.
82. Durdu, G. (2010). *Implementation of Web-Based Remote Controlled Microcontroller Laboratory*. Marmara University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Electrical and Electronics Engineering, PhD Thesis.
83. Ögütçü, S. (2012, April). Remote Control Laboratory Using Student – Designed Simulation Blocks. *3rd International Conference on New Trends in Education and Their Implications*, pp. 2097-2102.

84. Bingol, O. and Aydoğan, Ö. (2012). Web Based Remote Controlled Electrical Motor Laboratory Used As Educational Tool. *Przegląd Elektrotechniczny*, 88(6), 342-346.
85. Aktoğan, A. (2011). *Uzaktan erişimli sabit miknatıslı doğru akım motor kontrolü deney düzeneği*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 287436.
86. Başçıl, M. S., Yazıcı, I. and Temurtaş, F. (2011). A FPGA based digital design training platform. *6th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE)*, pp. 1384-1389. <https://doi.org/10.1109/ICCSE.2011.6028889>
87. Caner, M., Yabanova, İ., Cinar, S.M., Cankaya, H. and Yonetken, A. (2013). Real Time PID Control Application of a Single Machine Laboratory Scale Power System. *International Journal on Energy Conversion (IRECON)*. 1(2).
88. Yabanova, İ., (2011). *Real Time Remote Access Control of Flexible Manufacturing System and its Application to Mechatronics Education*. Sakarya University, Institute of Science and Technology, Department of Electronics-Computer Education, PhD Thesis.
89. Demirbas, S., Bayhan, S., and Mutlu, G. (2009). A Virtual Laboratory DA Converter Simulation for Power Electronics Experiments. *1st International, 5th National Vocational Schools Symposium*.
90. Irmak, E., Bulbul, H.I., Kose, A. and Calpbinici, A. (2013). A Web-Based Real-Time Industrial Energy Monitoring System. *4th International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives*, 1713-1716.
91. Günaydın, R. (2014). *Remote Access Web Based Microcontroller Experiment Set Design and Implementation*. Karabuk University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Electronics and Computer Education, Master Thesis.
92. Simsek, M. A. and Tasdelen, K. (2016). Internet Based Control and Monitoring of Systems Designed with Arduinio. *International Journal of Technological Sciences*, 8(1), 20-33.
93. Zaitouni, W.K. (2016). *Applied Real-Time Integrated Distributed Control Systems- An Industrial Overview And An Implemented Laboratory Case Study*. University of North Texas, Master Thesis.
94. Polat, Z. and Ekren, N. (2020). Remote laboratory trends for Distance Vocational Education and Training (D-VET): A real-time lighting application. *International Journal of Electrical Engineering Education*.
95. Tahernezehadi, M., Azad, A.K.M. and Nimbekar, A. (2018). Remote Access Laboratory for Delivering a Junior Level Computer Engineering Course. *Robotics & Automation Engineering Journal*, 3(4), 555618. <https://doi.org/10.19080/RAEJ.2018.03.555618>
96. Direk, M. (2019). *Embedded Web Server Based Environmental Conditions Monitoring and Control System Design and Implementation*. Sakarya University of Applied Sciences, Graduate School of Education, Department of Electrical and Electronics Engineering, Master Thesis.

97. Raczyński M. (2021). Remote laboratory classes in a COVID pandemic situation. Example of subjects: Microcontroller programming and electronic circuits. *The International Journal of Electrical Engineering & Education*, <https://doi.org/10.1177/00207209211004219>.
98. Monzo, C., Cobo, G., Morán, J.A., Santamaría, E., and García-Solórzano, D. (2021). Remote Laboratory for Online Engineering Education: The RLAB-UOC-FPGA Case Study. *Electronics*, 10, 1072. <https://doi.org/10.3390/electronics10091072>
99. Sotelo, D., Sotelo, C., Ramirez-Mendoza, R.A., López-Guajardo, E.A., Navarro-Duran, D., Niño-Juárez, E. and Vargas-Martinez, A. (2022). Lab-Tec@Home: A Cost-Effective Kit for Online Control Engineering Education. *Electronics*, 11, 907. <https://doi.org/10.3390/electronics11060907>
100. Domski, W. (2022). Remote Laboratory Offered as Hardware-as-a-Service Infrastructure. *Electronics*, 10, 1568. <https://doi.org/10.3390/electronics11101568>
101. Kam, K.A., Kumar, V., Lamport, Z.A. and Kymissis, I., (2021). A laboratory course on information display technologies for remote learning. *Journal of the Society for Information Display*, 29, 852–858. <https://doi.org/10.1002/jsid.1000>
102. Guan, S., Hu, W. and Zhou, H. (2019). Real-Time Data Transmission Method Based on WebSocket Protocol for Networked Control System Laboratory. *Chinese Control Conference (CCC)*, 5339-5344. <https://doi.org/10.23919/ChiCC.2019.8865690>
103. URL-1, Matworks, 2020, MATLAB R2020b APP Building, [https://www.mathworks.com/help/pdf\\_doc/matlab/creating\\_guis.pdf](https://www.mathworks.com/help/pdf_doc/matlab/creating_guis.pdf) , Son erişim: 15.12.2022.
104. URL-2, Comparing Guide and APP designer, <https://www.mathworks.com/products/matlab/app-designer/comparing-guide-and-app-designer.html>, Son erişim: 15.12.2022.
105. Karaş, N. (2019). *Predictive Functional Control and Application Design in MATLAB*. Istanbul Technical University, Institute of Science and Technology, Master Thesis.
106. Yalçinkaya, İ., Akgün, D. and Kaçar, S. (2016). *Mühendislik Uygulamaları İçin MATLAB* (4. Baskı) , Ankara: Seçkin Yayıncılık.
107. Yayla, G.(2020). *MATLAB, Kodlab Yayın Dağıtım Yazılım ve Eğitim Hizmetleri* (2. Baskı) İstanbul.
108. URL-3, MATLAB GUI, <https://www.mathworks.com/discovery/matlab-gui.html>, Son erişim: 15.12.2022.
109. Turhan, E. (2011). *Kablosuz Algılayıcı Ağlar için MATLAB ile Kullanıcı Arayüz Tasarımı*. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
110. URL-4, Migrate Guide APPs, <https://www.mathworks.com/help/matlab/migrate-guide-apps.html> , Son erişim: 16.12.2020.

111. Rodrigues, J.M.O. (1998). *The Desing of a MATLAB GUI Environment For The Implementation Of Nonlinear Edge- Enhancing and Smooting Filters To Aid In The Detection Of Oceanic Features Present In AVHRR Thermal Imagery*, Univerty of Puerto Rico, Master Thesis.
112. Tosun, İ. (2008). *Güç Sistemleri Eğitimi İçin MATLAB GUI Tabanlı Bir Yük Akış Simülatorü*. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
113. Koç, S. (2008). *Enerji İletim Hatları İçin MATLAB/ GUI Tabanlı Bir Arıza Analiz Programı Geliştirme*. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
114. Carrero, C. (2011). *MATLAB Geometry Builder And Mlfma Modeler*, Oklahoma State University, Master Thesis.
115. Yıldırım, S. (2013). *MATLAB GUI Kullanarak Kompozit Plakların Mekaniği*, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
116. Bohra, K. (2014). *A Software For Multivoxel Pattern Analysis Of Functional Magnetic Resonance Imaging Data*, Texas A&M University, Master Thesis.
117. Darwassh Hanawy Hussein, T., (2015). *Bir MATLAB Grafik Kullanıcı Arayüzü İle Ambulans Yönetim Sistemi*, Çankaya Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
118. Kaya, S. (2017). *İki Seviyeli İnverter Anahtarlama Teknikleri İçin MATLAB/GUI Tabanlı İnteraktif Benzetim Ortamı*, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
119. Nimbekar, A. (2018). *Remote Labs And Switching Circuit*, Northern Illinois University, Master Thesis.
120. Şahin, G. (2019). *MATLAB GUI'de İnteraktif Isı Denklemleri ve Uygulamaları*, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
121. Rannulu, C. (2019). *3D Image Registrstion of Dental Cone Beam Computed Tomography (CBCT) for Dental Treatment Recovery*, Southern Illinois Univerty, Master Thesis.
122. Senevirathne, T. (2019). *MATLAB GUI Based Educational Simulation Tool Box For Power Analysis*, Minnesota State University, Master Thesis.
123. Hadacek, M. J. (2020). *Optimizing Laser Scanning Graphic User Interface for Versatile Application and Functionality*, The University of Iowa, Master Thesis.
124. Tao, J., Gan, W., Fang, S., Liu, Y., Zhang, X., and Wen, X. (2021). A MATLAB GUI teaching application for ferroresonance simulation. *Computer Applications in Engineering Education*, 29, 1757– 1770. <https://doi.org/10.1002/cae.22421>
125. Seyyedbarzegar S. and Khodsuz M. (2021). Surge arrester operation investigation inlow-and high-current regions using MATLAB GUI: Implementing an educational goal for undergraduate students. *Computer Applications in Engineering Education*, 29, 1267–1283. <https://doi.org/10.1002/cae.22384>

126. Lopes, P. C. , Rangel, R. L. and Martha, L. F. (2021). An interactive user interface for astructural analysis software using computergraphics techniques in MATLAB. *Computer Applications in Engineering Education*, 29, 1505–1525. <https://doi.org/10.1002/cae.22406>
127. Aunkaew, S., Tantivivat, S. and Ibrahim, Z.S. (2021). Development of The Educational Tool For Optimized Algorithm Model Using MATLAB GUI. *International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET)*, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICECET52533.2021.9698705>.
128. Freyermuth, A.T., Medellín, G., Martín, G.U., and Puleo, J.,A. (2022). A virtual laboratory for conducting “hands-on” experiments on water wave mechanics. *Continental Shelf Research*, 243, 104760, ISSN 0278-4343. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2022.104760>
129. Yin, Z.-Y. , Teng, J.-C., Wang, H.-L. and Jin, Y.-F. (2022). A MATLAB-basededucational platform for analysis of slope stability. *Computer Applications in Engineering Education*, 30, 575–588. <https://doi.org/10.1002/cae.22474>
130. Karaş, N. (2019). *Öngörülü İşlevli Kontrol ve MATLAB’de Uygulama Tasarımı*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
131. Kerem, A. (2018). *Rüzgar Parametrelerinin Değişiminin İzlenmesi ve Yapay Zeka Algoritmaalrı Kullanılarak Tahmini*, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
132. Kumar, A. (2020). *A Time- Domain Modeling Of Multi- Element Resonant Converter With Capacitive Output Filter*, Queen’s University, Master Thesis.
133. Macri, D., Chirone, R., Salehi, H., Sofia, D., Materazzi, M., Barletta, D., Lettieri, P. and Poletto, M. (2020). Characterization Of The Bulk Flow Properties Of Industrial Powders From Shear Tests, *Processes Article*, 8, 540. <https://doi.org/10.3390/pr8050540>.
134. Bakosova, A., Krmela, J. and Handrik, M. (2020). Computing Of Truss Structure Using MATLAB, *Manufacturing Technology*, 20(3), ISSN 1213-2489. <https://doi.org/10.21062/mft.2020.059>.
135. Fernandez, S., Garcia-Juarez, A., Zaldivar- Huerta, I.E. and Abril-Garcia, J.H. (2020). MATLAB APP Designer Tool To Study a Microwave Photonic Filter That Integrates Analog and Digital Modulation Formats, *Optik - International Journal for Light and Electron Optics*, 202-163589.
136. Xiao, P., Zhang, X., Pan, W., Ou, X., Bontozoglou, C., Chirikhina,E. and Chen, D. (2020). The Development Of a Skin Image Analysis Tool by Using Machine Learning Algorithms, *Cosmetics Article*, 7, 67. <https://doi.org/10.3390/cosmetics7030067>
137. Inostroza, M., Matus, C., Laurie, C., Yañez, V., Mogollón, A. and Aros-Oñate, N. (2021). Human-Machine Interface Development for Industrial Processes. *IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON)*, pp. 1-5. <https://doi.org/10.1109/CHILECON54041.2021.9703042>.

138. Mabuggwe, D.J. and Morsi, W.G. (2021). Design and Development of an Intelligent Tool for Retail Electric Provider Plan Selection. *IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering (CCECE)*, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/CCECE53047.2021.9569169>.
139. Tong, X.X., Shen, Y.X., Mao, X.W., Yu, C. and Guo, Y . (2022). Fiber-optic temperature sensor based on beat frequency and neural network algorithm. *Optical Fiber Technology*, 68, 102783, ISSN 1068-5200. <https://doi.org/10.1016/j.yofte.2021.102783>
140. Ma, Q., Ma, L., Liu, F. and Sun, D.A. (2022). Novel Driving Noise Analysis Method for On-Road Traffic Detection. *Sensors*, 22(11), 4230. <https://doi.org/10.3390/s22114230>
141. Ding, S., Ayoub, S. and Morozov, A. (2022, September). Tool Paper: Time Series Anomaly Detection Platform for MATLAB Simulink. In *Model-Based Safety and Assessment: 8th International Symposium, IMBSA*, 204–218. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-15842-1\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-031-15842-1_15)
142. URL-5, Deployment of MATLAB Web APPs, <https://ch.mathworks.com/products/matlab-web-app-server.html#deployment-web>, Son erişim: 15.12.2022.
143. URL-6, MATLAB Compiler, <https://ch.mathworks.com/help/compiler/index.html>, Son erişim: 15.12.2022.
144. URL-7, MATLAB Web App Server, <https://ch.mathworks.com/products/matlab-web-app-server.html>, Son erişim: 15.12.2022.
145. URL-8, MATLAB Web App Server, <https://ch.mathworks.com/help/webappserver/index.html>, Son erişim: 15.12.2022.
146. Karri, S. (2004). *Implementation Of Internet- Based Tele- Operation Techniques For The Control Of An Inverted Pendulum System*. Texas A&M University, Master Thesis.
147. Tuncer, A. (2007). *Genetik Algoritmalar İçin Uzak Sanal Laboratuvar*. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
148. Davutoğlu, Y. (2007). *MATLAB Programının Örün(Web) Tabanlı Eğitimi*. Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
149. Tekin, A. (2009). *Asenkron Motorların Denetimi İçin İnternet Tabanlı Sanal ve Uzaktan Erişimli Bir Laboratuvar Geliştirme*. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
150. Baysal Öztürk, Ş. (2010). *RLC Filtre Devrelerinin Eğitimine Yönelik MATLAB Webfigure Kullanılarak ASP.NET Tabanlı Web Arayüzü Tasarımı*. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
151. Kaçar, S. (2010). *Volterra Serileri ile Sistemlerin Frekans Boyutunda Analizi İçin .Net Tabanlı Web Arayüzü Tasarımı*. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

152. Bulut Özek, M. (2010). *Web Tabanlı Akıllı Öğretim Tekniği Geliştirme*. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
153. Bakır, M. (2010). *Kablosuz Algılayıcı Ağ ve MATLAB Web Sunucusu Kullanarak Bir Uzaktan İzleme Sisteminin Gerçekleştirilmesi*. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
154. Savaş, K. (2010). *Kontrol Eğitimi İçin MATLAB İle Web Tabanlı Uygulama Araçları Geliştirme*. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
155. Ranade, M. (2011). *Modelling, Simulation And Development Of A Web-Based Graphical User Interface For The Responce Of Dynamic Systems*. Lamar University, Master Thesis.
156. Güney, E. (2011). *MATLAB Web Figure Tabanlı Elektrokardiyogram (EKG) Benzetimi*. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
157. Doğalı Çetin, G. (2011). *İnternet Üzerinden İzlenebilen Kablosuz Taşınabilir Tıbbi İzleme Sistemi Tasarımı ve Uygulaması*. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
158. Sönmez, E. (2016). *Denetim Sistemleri Dersi İçin MATLAB Builder NE ve ASP.NET Tabanlı Web Laboratuvarı Tasarımı*. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
159. Zhou, Y. (2016). *Glycomics Data Analysis Tool (GDAT): A MATLAB Based Web Application For Glycomics Data Analysis*. The University at Buffalo, Master Thesis.
160. Eroğlu Uslu, Z. (2019). *Koordinat ve Datum Dönüşüm Problemleri İçin İnternet Tabanlı Yazılım Geliştirme*. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
161. Bachev, I., Stoyanov, L., Petrov, V. and Hadjiatanasova-Deleva, E. (2021). Application of Synchronous Machines' Models for Distance Learning Purposes. *17th Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA)*, pp. 1-5, <https://doi.org/10.1109/ELMA52514.2021.9503005>.
162. Juadines, K. E., Ballado, A., Macalalad, E. and Mendoza, M. (2021). Development of a MATLAB Web-based Application for Calculating Ionospheric Scintillation Proxy Indexes (S4p-1 and S4p-2) and the Rate of Total Electron Content Index (RoTI). *IEEE World AI IoT Congress (AIIoT)*, pp. 0221-0225. <https://doi.org/10.1109/AIIoT52608.2021.9454235>
163. Migranov, R. M. and Dobroskok, N. A. (2022). Creating a Virtual Semiconductor Inverter Laboratory with MATLAB App Designer. *Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus)*, pp. 772-775. <https://doi.org/10.1109/ElConRus54750.2022.9755472>
164. Gajjar, D.J., Shah, S.A. and Soni, S. (2022). Predicting Remaining Useful Life of Capping and Filling Machine Using Exponential Degradation Model with Web Server Deployment. In: Kumar, S., Ramkumar, J., Kyratsis, P. (eds) *Recent Advances in*

*Manufacturing Modelling and Optimization. Lecture Notes in Mechanical Engineering.* Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-9952-8\\_65](https://doi.org/10.1007/978-981-16-9952-8_65)

165. Maza, C.B., Cordova, J.L. and Beltran, C.S. (2022). Design of a sugarcane diseases recognition system based on GoogLeNet for a web application. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 12(09). [https://doi.org/10.46338/ijetae0922\\_08](https://doi.org/10.46338/ijetae0922_08)
166. URL-9, Tunable Ld Light Source TSL-210 Operation Manual <https://www.manualslib.com/manual/1726682/Santec-Tsl-Series.html>, Son erişim: 15.12.2022.
167. URL-10, MS9710B Optical Spectrum Analyzer Remote Control Operation Manual, Son erişim: <http://manuals.repeater-builder.com/te-files/ANRITSU/ANRITSU%20MS9710B%20Operation.pdf>.
168. Yücel, M. (2008). *Design of Gain Smoothed Wideband Fiber Amplifiers*. Gazi University, PhD Thesis.
169. Yücel, M., Aslan, Z. and Göktaş, H.H. (2013). Investigation of Gain and Noise Factor for Various Erbium Doped Fiber Amplifier Configurations. *V. Communication Technologies National Symposium*, Izmir.



## Yabancı Dil

İngilizce

## Yayınlar

1. Aslan, Z.. ve Yücel, M. (2012). Tek ve Çift Geçişli Erbiyum Katkılı Fiber Yükselteçlerin C Bandında Deneysel Olarak Karşılaştırılması. *Politeknik Dergisi*, 15(3), 135-138. <https://doi.org/10.2339/2012.15.3, 135-138>
2. Yücel, M. and Aslan, Z. (2013). The Noise Figure Improvement Of Double Pass C Band EDFA. *Microwave and Optical Technology*, 55(11), 2525-2528. <https://doi.org/10.1002/mop.27854> (SCI)
3. Yücel, M., Aslan, Z. ve Goktas, H.H. (2013). Çeşitli Erbiyum Katkılı Fiber Yükselteç Konfigürasyonları İçin Kazanç ve Gürültü Faktörünün İncelenmesi. V. *İletişim Teknolojileri Ulusal Sempozyumu*, İzmir, (İTUSEM 2013).
4. Yücel, M., Aslan, Z., Celebi, F.V. and Goktas, H.H. (2013). Gain And Noise Figure Enhancements Of 2013 Both C And L Bands Double Pass Erbium Doped Fiber Amplifier. *International Conference On Electrical And Electronics Engineering*, 8th International Conference On Electrical and Electronics Engineering (ELECO 2013). <https://doi.org/10.1109/ELECO.2013.6713916>.
5. Yücel, M., Aslan Akyol, Z., and Burunkaya, M. (2020). Classification Of The temperature dependent gain of an erbium doped fiber amplifier by using data mining methods. *Optik*, vol. 208, pp. 164515–0, Apr. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2020.164515> (SCI)
6. Aslan Akyol, Z. and Yucel, M. (2021). MATLAB design platforms and a sample application: Control of tunable laser source. *International Asian Congress on Contemporary Sciences – V*, 2021, pp. 1112-1123.
7. Yücel, M., ve Aslan Akyol, Z. (06.08.2022’de kabul edildi.). Optik Spektrum Analizörü Kontrolü ve Ölçüm Doğruluğunun Artırılması. *Düzce Bilim ve Teknoloji Dergisi*. <https://doi.org/10.29130/dubited.1142381>



**GAZİLİ OLMAK AYRICALIKTIR.**