

## Enerji Kritik Alt Yapılarının Güvenliği İçin Bir Sanal Gerçeklik Eğitim Uygulaması Önerisi

\*<sup>1</sup>Kayhan AYAR, <sup>2</sup>Gülizar ÇİT ve <sup>3</sup>Musa BALTA

<sup>1,3</sup>Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Sakarya Üniversitesi, TÜRKİYE

### Özet

Kritik Altyapılar Ulusal Test Yatağı Merkezi (CENTER) Enerji, eğitim, güvenlik araştırmaları, ulusal/uluslararası saldırı ve savunma çözümleri gibi konuları amaçlayan elektrik güç şebekesi için güvenli bir test yatağı altyapısıdır. Siber güvenlik alanında çalışacak yeni adaylara veya laboratuvarında eğitim alacak lisans/lisansüstü seviyesindeki öğrencilere geliştirilen test yatağında yer alan cihazların tanıtılması, kullanımı, olası sistemsel arıza ve siber saldırı senaryoların uygulanması gibi konularda eğitim verilmektedir. Bu çalışmada, CENTER Enerji'nin bir sanal gerçeklik uygulaması ile simüle edilmesini öneren bir tasarı sunulmaktadır. Böylece, çalışma ekibine katılacak olan yeni araştırmacıların ve laboratuvara eğitim amaçlı olarak alınacak öğrencilerin adı geçen eğitim sürecinde eş-zamanlı ve laboratuvar ortamından bağımsız olarak sanal ortamda ön eğitimden geçirilerek adaptasyon sürecinin hızlandırılması amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** siber güvenlik, kritik alt yapılar, sanal gerçeklik.

### Abstract

Critical Infrastructures National Testbed Center(CENTER) Energy is a testbed infrastructure for the electrical power grid. The testbed was established to provide a safe environment for education, security research, and the development of national/international attack and defense solutions. The new candidates who want to study in the test bed have to take introductory lessons to learn what devices and protocols used in the system, and how they work together. These lessons also include, learning the devices used in the process, and how they can be used to manipulate the system, possible system malfunction, and cyber-attack scenarios. In this study, a proposal is presented to simulate CENTER Energy with a virtual reality application. Thus, it is aimed to accelerate the adaptation process of the new researchers and the students who will be using the laboratory by pre-training in a virtual environment simultaneously and independently of the laboratory environment.

**Key words:** cybersecurity, critical infrastructure, virtual reality

### 1. Giriş

Kritik altyapılar, ülkelerin devlet ve toplum düzeni ile ilgili her türlü faaliyetlerini sağlıklı bir şekilde yürütebilmeleri için gerekli ve birbirleri arasında bağımlılıkları olan fiziksel ve dijital sistemler bütünüdür. Kritik altyapıların güvenliğinin sağlanması, yani bu altyapılar içerisinde yer alan bilgi ve operasyonel teknoloji (IT/OT) sistemleri ile ilgili hem sistemsel hem de siber saldırılar sonucu ile oluşan riskin minimize edilmeleri konusu gelişmiş ülkeler tarafından ulusal öncelikli alan olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda ülkeler öncelikli alan strateji planları geliştirmektedirler. Ülkemizde de kritik altyapıların korunması adına yayımlanan güncel öncelikli

\*Corresponding author: Address: Faculty of Computer and Information Sciences, Computer Engineering Department, Sakarya University, 54187, Sakarya TURKEY. E-mail address: kayar@sakarya.edu.tr, Phone: +902642955910

alan stratejisi “2020-2023 Ulusal Siber Güvenlik Stratejisi ve Eylem Planı”dır [1]. Aynı zamanda ülkelerin kalkınma planlarında da ayrıntılı yer bulmaktadır. Ülkemizin de güncel son kalkınma planı olan 11. kalkınma planında da siber güvenlik konusu kritik teknoloji alanlarından birisi olarak yer almaktadır [2].

En önemli kritik alt yapılardan birisi olan enerji dağıtım sistemleri 7/24 çalışması gereken sistemlerdir ve kullanılan cihazların arızalanması, protokol uyumsuzluğu, proses kesintisi, vb. gibi pek çok problem ortaya çıkabilir ki bu arızalardan herhangi bir tanesinin oluşması başta banka, finans, hastaneler, askeriye, elektronik haberleşme sistemleri gibi pek çok IT/OT sisteminin de kesintiye uğramasına sebep olmaktadır. Burada bahsedilen arızalar sistemsel olabileceği gibi siber saldırılar neticesinde de oluşabilmektedir. Bu nedenle enerji dağıtım sistemlerinde, ortaya çıkabilecek muhtemel sistemsel arızalar veya siber saldırılar sonucunda oluşabilecek problemlerin en kısa sürede giderilebilmesi amacıyla bu alanda çalışan kişilerin eğitimi büyük önem arz etmektedir. Bu amaçla Özçelik ve diğerleri tarafından Kritik Alt Yapılar Ulusal Test Yatağı Merkezi (CENTER) Enerji olarak adlandırılan, elektrik güç şebekesi için güvenli bir test yatağı altyapısı geliştirmiştir [3,4].

Siber güvenlik eğitimindeki en büyük problemlerden birisi de yeni dijital teknolojilerin çıkmasına bağlı olarak güvenlik uzmanlarından beklenen yeteneklerin diğer teknoloji alanlarına göre çok daha hızlı artmasıdır [5]. The Enterprise Strategy Group (ESG) ve Information System Security Association (ISSA) organizasyonlarının gerçekleştirdiği bir çalışmada veri ihlallerinin en önemli sebebi olarak yeterince eğitime sahip siber güvenlik uzmanının bulunmaması gösterilmiştir [6]. Çalışmada dünyanın farklı bölgelerinden çok farklı boyutlardaki firmalarda görev yapan 343 bilgi güvenliği uzmanına bir anket yapılmıştır. Ankete katılanların %62’si firmaların siber güvenlik uzmanları için gerekli olan eğitimleri sağlamada yetersiz kaldığını belirtmiştir. Raporda ayrıca siber güvenlik yeteneklerindeki eksikliğin veri ihlali sayısını arttırdığını belirtilirken araştırmaya katılan organizasyonların hemen hemen yarısının son iki yıl içerisinde en az bir veri ihlali yaşadığı belirtilmiştir. Ankete katılanların çoğu organizasyonun siber saldırılara karşı çok zayıf olduğuna inanmakta olduğunu belirtmiş, problemin en önemli ana iki sebebi ise teknik-olmayan çalışanlara yeterince eğitim verilmemesi ve yeterli siber güvenlik görevlisinin bulunmaması gösterilmiştir. Raporun sonucunda verilen ilk temel problemler içerisinde yer alan maddeler siber güvenlik eğitimindeki yetersizlikleri öne çıkarmaktadır.

Genellikle kritik altyapılar test yatağı merkezlerindeki eğitimler fiziksel cihazlar üzerinde olduğundan aynı anda birden fazla kişinin eğitim alması ve pratik yapması zor olmaktadır. Ayrıca eğitim süresince eğitimcilerin devamlı olarak öğrencilerle etkileşim halinde olması gerekmektedir. Bu nedenlerden dolayı eğitimlerin canlı olarak verilmesi oldukça zahmetli ve zaman alıcı bir süreç dönüşmektedir.

Kritik altyapılar ve siber güvenlik eğitim süreçlerinde yaşanan bu problemlerin sanal gerçekliğin fiziksel ortamları simüle edebilmesi özelliğinden faydalanılarak en aza indirgeneceği öngörülmektedir. Bu çalışmada, CENTER Enerji’nin fiziksel altyapısı, proses ve güvenlik senaryolarının (cihazların tanıtılması, kullanımı, olası sistemsel arıza ve siber saldırı senaryoları) geliştirilecek olan sanal gerçeklik uygulaması ile simüle edilerek çalışma ekibine katılacak olan yeni araştırmacılar ve öğrencilerin eş-zamanlı ve laboratuvar ortamından bağımsız olarak ön

eğitimden geçirilerek adaptasyon sürecinin hızlandırılması amaçlanmaktadır.

Bu çalışmanın geri kalan bölümleri şu şekildedir: Bölüm 2’de konu ile ilgili literatürde yapılan çalışmalar incelenmiştir, Bölüm 3’de geliştirilecek olan simülâtörün tasarımı önerisi ve değerlendirme yöntemlerinden bahsedilmektedir.

## 2. Literatür Çalışması

Sanal gerçeklik için literatürde yer alan pek çok farklı tanım bulunmaktadır. Bu tanımlamalardan birisi “Sanal gerçeklik, duyularımıza gerçek dünyayı algıladığımız gibi hissettiren bir dünyanın görüntüsünü oluşturan bilgisayar simülasyonu” şeklindedir [7]. Benzer şekilde, Biocca sanal gerçekliği “Sanal gerçeklik, kullanıcılara bir bilgisayar tarafından yaratılan inandırıcı bir ortamın içinde olma duygusu veren etkileşimli teknoloji ve teknikler kümesidir.” şeklinde tanımlamıştır [8]. Bu tanımlamaların büyük çoğunluğu, sanal gerçekliğin, gerçek ortamların bir kopyasını oluşturarak ve gerçeklik hissini veren sanal gerçeklik gözlüğü, vs. gibi donanımlardan faydalanıp kullanıcılara kendilerini bu kopya ortamda gerçek ortamdaymış gibi hissettirmeyi amaçladığını vurgular.

Son yıllarda, sanal gerçeklik için kullanılan araçların maliyetlerinin düşmesi ve teknolojik olarak daha da gelişmesi, sanal gerçekliği (VR) daha kolay erişilebilir ve pratikte kullanılabilir bir teknoloji haline getirmiş, özellikle Metaverse kavramının da popüler olması ile akademik camiada sanal gerçekliğin pek çok eğitim/öğretim alanında kullanılabileceği konusundaki ilgiyi arttırmıştır [9]. Bu bağlamda eğitim alanında sanal gerçekliğin aktif olarak kullanıldığı kimya [10], biyoloji [11], yer bilimi [12], psikoloji [13], mühendislik [14] gibi pek çok farklı disiplinden söz edilebilir.

Öğrenme süreci kimi zaman oldukça karmaşık bir işlem haline gelebilmektedir. Öğrenmenin gerçekleşmesi için eğitim alan kişilerin ciddi bir efor sarf etmesi gerekmektedir. Bu nedenle de eğitim alan kişiler öğrenme için motivasyona ihtiyaç duyarlar. Bu amaçla, Virvou ve arkadaşları tarafından, eğitsel yazılım oyunlarının etkinliği, çekiciliği ve kapsamını araştırmak amacıyla bir sanal gerçeklik eğitim oyununu değerlendiren bir çalışma yapılmıştır [15]. Yapılan değerlendirmelerin sonucunda, eğitsel sanal gerçeklik oyunlarının öğrenciler üzerindeki eğitim verimliliğini koruduğu ve hatta geliştirirken çok motive edici olabileceğini gösterilmiştir. Ayrıca, çalışmanın önemli bir bulgusu da oyunun eğitim verimliliğinin, oyunla öğrenme deneyimlerinden önce öğretilen alanda düşük performans gösteren öğrenciler için özellikle daha yüksek olmasıdır. Veronica, eğitim kurumlarında ve kurslarda sanal gerçekliği kullanma nedenlerini ve hangi durumlarda sanal gerçeklik kullanılması gerektiğini sıralayan bir model önermiştir [16]. Ayrıca, sanal gerçekliğin eğitimde yardımcı veya ana araç olarak kullanılmasının görselleştirme ve sunum için yeni biçim ve metotlar sunulmasından dolayı öğrencilerde öğrenme isteği uyandırdığı ve onları bu konuda motive ettiği, cesaretlendirdiği vurgulanmaktadır.

Jin ve diğerlerinin çalışmasında, özellikle Covid-19 süreci ile uzaktan öğretim ile birlikte yüksek öğrenimde sanal gerçekliğin önemi vurgulanmış, farklı rollerdeki paydaşlardan aldıkları sonuçlar analiz edilerek yüksek öğrenimde sanal gerçeklik ve insan-bilgisayar etkileşimi teknolojilerinin tasarlanması için yeni deneysel anlayışlar sağlayarak, mevcut algılara ve düşüncelere yeni

katkılarında bulunmuştur [17].

Yukarıda bahsedilen eğitim alanlarının yanı sıra kritik altyapılar gibi karmaşık, risk içeren ve maliyetli sistemlerin eğitiminin de sanal gerçeklik teknolojisi kullanılarak geliştirilmesi ve yeni kullanıcıların önceden sanal gerçeklik ortamında sistem ile tanıştırılması ile sisteme daha kolay uyum sağlayacakları, canlı sistemi kullanmaya başladıklarında hata oranlarının azalacağı, vs. öngörülmektedir. Çünkü, sanal gerçeklik teknolojisi ile geliştirilen uygulamalar canlı sistemlere herhangi bir zarar vermeden tekrar tekrar uygulama yapma imkânı sağlamaktadır. Aynı zamanda eğitim alan kişilerin eğitimciyi izleyen pasif öğrenme yaklaşımı yerine sanal ortam ile etkileşime girerek aktif bir şekilde eğitim sürecine dahil olmalarını, yani ilgili konuyu kendileri deneyimleyerek tecrübe kazanmalarını desteklemektedir. Bu da pratik gerektiren konuların öğrenilmesi, karmaşık olan bazı sistemlerin kullanımı ve bakımı gibi konularda eğitime olumlu yönde katkı sağlamaktadır. Sanal gerçekliğin sunduğu bu avantajlar siber güvenlik konuları ile ilgilenen bilim adamlarının da dikkatini çekmiş, siber güvenlik eğitimi ve siber analistlerin veri görselleştirmesi konularında sanal gerçekliği kullanımı konusunda yeni çalışmalar yapılmaya başlanmıştır.

Alghamdi ve arkadaşları tarafından şifreleme tabanlı güvenlik protokolleri gibi yüksek öğretimde siber güvenlik kavramlarının öğretilmesine ve öğrenilmesine yardımcı olmak için oyun tabanlı öğrenmenin kullanımını ve potansiyel etkinliği üzerine bir araştırma yapılmıştır [18]. Bu çalışmada aynı zamanda yüksek öğretimde şifrelemenin animasyon ve oyunlaştırmaya dayalı olarak etkin bir şekilde öğretilmesi için bir uygulama çatısı da önerilmektedir.

Seo ve arkadaşları, Profesyoneller ve Öğrenciler için Siber Altyapı Güvenliği (CiSE-ProS) adını verdikleri ve siber güvenlik içeriklerini öğretmek amacıyla sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik (AR) teknolojileri kullanılarak geliştirilmiş öğretim ortamlarının etkisini uzmanlar ve öğrenciler açısından değerlendiren bir araştırma projesi geliştirmişlerdir. [19]. Yapılan çalışmada CiSE-ProS uygulamasında eğitim alan lisans öğrencilerine kısa ve uzun vadeli öğrenme konusunda fayda sağladığı belirtilmiştir.

Kullman ve arkadaşları, ABD savunma bakanlığı ve ordusuna bağlı ağırları düşmanca siber aktivitelere karşı koruyan ve siber operasyon işlemleri için yeni teknolojiler geliştiren ABD Ordusu Center C5ISR Siber Güvenlik Hizmet Sağlayıcısı (CSSP) bünyesinde çalışan siber güvenlik uzmanlarının iş akışının hızını ve verimliliğini arttırmak adına siber güvenlik veri kümelerini kullanan sanal ve karma gerçeklik temelli bir 3B veri görüntüleme içeriği geliştirmiştir [20].

Giannakas ve arkadaşları, ilk okul çağındaki çocuklara siber güvenlik ve mahremiyet konularında temel bir farkındalık yaratmak için oyun tabanlı öğrenme formunda hazırlanmış bir öğretim içerik yönetim sistemi platformu geliştirmişlerdir [21]. Çalışmanın tasarımı sistemin sahip olacağı teknolojik özelliklerden daha çok eğitim faktörü ön plana çıkartılmıştır. Geliştirilen sistem 52 ilkökul öğrencisi üzerinde test edilerek eğitim verimliliği, kullanılabilirliği ve kullanıcı memnuniyeti değerlendirilmiştir. Yapılan anket ve testler sonucunda platformun katılımcıların öğrenme performansını %20 arttırdığı tespit edilmiştir.

Kritik altyapıların eğitiminde sanal gerçekliğin kullanıldığı çalışmalar son dönemlerde artmaya

başlamıştır. Bernal ve arkadaşları güç alt istasyonlarının eğitiminde kullanılmak üzere geliştirdikleri sanal gerçeklik uygulamasında 115 kV bir alt istasyonun teknik detayları hakkındaki bilgileri oyunlaştırma tekniği kullanılarak çalışanlara öğretmeye çalışmışlardır [22]. Yapılan literatür araştırması neticesinde kritik altyapıların siber güvenlik eğitimi üzerine yapılmış bir sanal gerçeklik uygulama çalışmasına rastlanılmamıştır. Bu sebepten ötürü tasarımı verilen sanal gerçeklik uygulaması ile bu boşluğun doldurulması hedeflenmektedir.

### 3. Sanal Gerçeklik Uygulama Önerisi

Sanal gerçeklik uygulamasının tasarımı dört alt başlık altında incelenecektir. İlk olarak tasarlanacak laboratuvar ortamı tanıtılırken, ikinci bölümde uygulamayı geliştirirken kullanılacak yazılım teknolojilerden bahsedilecektir. Üçüncü bölümde sistem içerisinde kullanılacak olan donanım araçları tanıtılacaktır. Dördüncü bölümde uygulama içerisinde gerçekleştirilecek olan eğitim senaryolarının tasarlanması hakkında bilgi verilirken son kısımda geliştirilecek simülâtörün başarısının nasıl değerlendirileceği anlatılmaktadır.

#### 3.1. *Simüle Edilecek Ortam ve Tasarımı*

Sanal gerçeklik uygulaması ile simüle edilecek olan CENTER Enerji laboratuvarı ortamı Şekil 1’de gösterilmektedir. Laboratuvar içerisinde bir adet kontrol merkezi sunucusu, elektrik iletim sistemini temsil edecek iki adet trafo merkezi, bir adet iletim, bir adet dağıtım merkezi, video duvarı ve bütün bu sistemin görselleştirilmesini sağlayan bir maket bulunmaktadır. Şekil 2’de ise test yatağında gerçekleştirilecek olan senaryoların görselleştirilmesi için geliştirilmiş olan maket gösterilmektedir. Maket üzerinde hidroelektrik, rüzgâr, termal ve güneş enerjisi olmak üzere dört farklı enerji kaynağından çıkan enerji, iki adet trafo merkezi aracılığıyla iki farklı tüketim bölgesine transfer edilmektedir. Trafo merkezlerinde sistemin yönetimi, kontrolü ve takibi için kullanılan akıllı elektronik cihazları (IED), insan makine arayüzleri (HMI) ve mimik diyagramı bulunmaktadır. IED cihazları içerisinde diferansiyel, mesafe ve aşırı akım koruma röleleri, bay (defne) kontrol üniteleri (BCU) ve Uzak kontrol cihazları (RTU) bulunmaktadır. Trafo merkezi içerisinde bulunan bu cihazlar ile sanal ortamda modellenecek ve uygulanacak senaryolara göre kullanıcı etkileşimi sağlayacaktır.

Sistemin işleyişini görselleştirmek için yapılmış olan maket üzerinde transfer hatları ve bu hatlardan farklı senaryolara göre geçen enerji dağıtımını temsil eden ışıklandırma araçları mevcuttur. Bu sayede kullanıcılar iletim ve dağıtım proseslerinde yapılan değişikliklerin sonuçlarını maket üzerinden gözlemleyebilmektedir [3,4]. Geliştirilecek olan sanal gerçeklik uygulamasında kullanıcıların etkileşimde bulunacakları bu araçların, üç boyutlu modellerinin tasarımı gerçekleştirilerek sanal bir laboratuvar ortamı oluşturulacaktır.



Şekil 1. Center Enerji Test Yatağı Merkezi



Şekil 2. Center Enerji Test Yatağının Çalışma Ortamını Temsil Eden Maket

### 3.2. Yazılım Araçları

Senaryoların sanal olarak gerçekleştirileceği Center Enerji laboratuvar ortamı Blender® 3B çizim, modelleme ve animasyon uygulaması kullanılarak tasarlanacaktır. Geliştirilen sanal ortamların çizilmesi ve kullanıcılar ile gerçek zamanlı iletişimini sağlamak amacıyla Unity oyun motoru kullanılacaktır. Blender ile tasarlanmış olan modeller kullanılarak Unity oyun motoru içerisinde sanal bir sahne oluşturulacaktır. Kullanıcılar, sanal gerçeklik uygulamasında bir senaryoyu gerçekleştirirken konu ile ilgili ipuçlarına (örnek kısa eğitim videoları vb.) sanal sahne içerisindeki laboratuvar araçları üzerine yerleştirilecek ve kullanıcılar tarafından etkileşim yapılabilecek arayüzler aracılığıyla erişilebilecektir.

### 3.3. Donanım Araçları

Geliştirilecek olan simülatörde kullanıcıların sanal ortamı görmesi ve etkileşime geçmesi için bir adet Oculus Quest 2 sanal gerçeklik seti kullanılacaktır (Şekil 3).



**Şekil 3.** Oculust Quest 2 Sanal Gerçeklik Seti

Setin içerisinde bir adet başa takılan ekran (HMD) ve iki adet kontrol birimi bulunmaktadır. Sanal ortamda dolaşım ve sahne içerisindeki nesneler ile etkileşim için kontrol birimleri kullanılacaktır. Oculus sanal gerçeklik setinin seçilmesinin temel sebebi herhangi bir bilgisayara ihtiyaç duymadan sahip olduğu ARM tabanlı işlemci ile sanal gerçeklik uygulamalarını bilgisayardan bağımsız olarak çalıştırabilmesidir. Ayrıca Unity oyun motoru tarafından desteklenen Oculus Quest 2'nin maliyeti de benzerlerine göre daha düşüktür.

### **3.4. Senaryoların Tasarlanması**

Sanal gerçeklik uygulamasının kullanıcılara kazandırmayı amaçladığı her bir yetenek için bir veya daha fazla senaryo tasarlanacaktır. Senaryoların belirlenmesinde geriye doğru tasarım tekniği kullanılacaktır [23]. Bu teknikte öğrenme çıktıları önceden belirlenmekte, daha sonra bu hedefe ulaşmak için kullanılacak teknikler tasarlanmaktadır. Bu amaçla senaryolar tasarlanmadan önce öğrencilerin hangi bilgileri edinmesi gerektiğine karar verilip ardından öğrenme hedefine ulaşmak için gerekli olan senaryolar geliştirilecektir. Hazırlanan senaryolar siber güvenlik alanında uzman akademisyenler ve sektör üyeleri tarafından incelenecek olup senaryolar üzerinde gerek görülmesi halinde alınan görüşlere göre güncellemeler yapılacaktır. Senaryolar iki gruba ayrılacaktır. Sistemin çalışma yapısını öğretmeyi amaçlayan ilk gruptaki senaryoların, sırası ile kullanıcılar tarafından tamamlanması gerekmektedir. Her senaryonun ardından bilgi kazancını kontrol edebilmek için bir test uygulanacak ve bu testin sonuçlarına göre kullanıcılar bir sonraki aşamaya geçiş hakkı kazanacaktır. İkinci grup senaryolar siber saldırı konusu üzerine odaklanacaktır. Bu senaryoların seçimi kullanıcılara bırakılacaktır. Kullanıcıların uygulama ile ilgili görüşlerini tespit edebilmek için uygulama çıkışında bir anket gerçekleştirilecektir.

Uygulanması hedeflenen ilk senaryo olarak sanal gerçeklik uygulamaları konusunda tecrübesi olmayan öğrencilerin simülasyona kolay uyum sağlayabilmesi için bir giriş eğitim senaryosu tasarlanacaktır. Bu senaryodaki öğrenme hedefi sanal ortam içerisinde dolaşımı ve etkileşimi sağlayacak olan donanımların kullanımını öğretmektir. Senaryo içerisinde öncelikle kullanıcının başa takılan ekranı nasıl kullanabileceğini gösteren temel bir eğitimin ardından sanal ortam ile etkileşime girmesini sağlayacak olan kontrol birimlerinin kullanımı da öğretilecektir. Bu aşamada kullanıcılara kontrol birimlerini kullanarak sahne içerisinde nasıl dolaşacakları gösterilirken ayrıca

sahne içerisindeki etkileşim kurulabilecek arayüzleri ve nesneleri nasıl yönetebilecekleri de gösterilecektir. Şekil 4’te geliştirilecek olan uygulamanın işleyiş akışı gösterilmektedir.

İkinci olarak Center Enerji test yatağında bulunan ve kritik alt yapıların yönetilmesi ve izlenmesinde kullanılan cihazlar (IED, RTU, HMI vb.) hakkında gerekli olan temel bilgilerin edinileceği bir senaryo hazırlanacaktır. Böylece kullanıcılar Center Enerji’nin genel yapısı ve proses sürecini öğrenmeye hazır hale gelecektir.

Center Enerji’nin genel yapısının öğretilmesi için gerekli dört temel senaryo konusu sırasıyla şu şekildedir: elektrik enerji şebekesi çalışma ortamının tanıtılması, elektrik enerji şebekesi sistemini temsil eden maketin tanıtılması, elektrik iletim sisteminin çalışma yapısının tanıtılması, elektrik dağıtım ve tüketim sistemlerinin çalışma yapısının tanıtılması.

Sistem hakkındaki bilgilendirme senaryolarını tamamlayan kullanıcılar farklı saldırı türlerini barındıran senaryoları seçebilecektir.

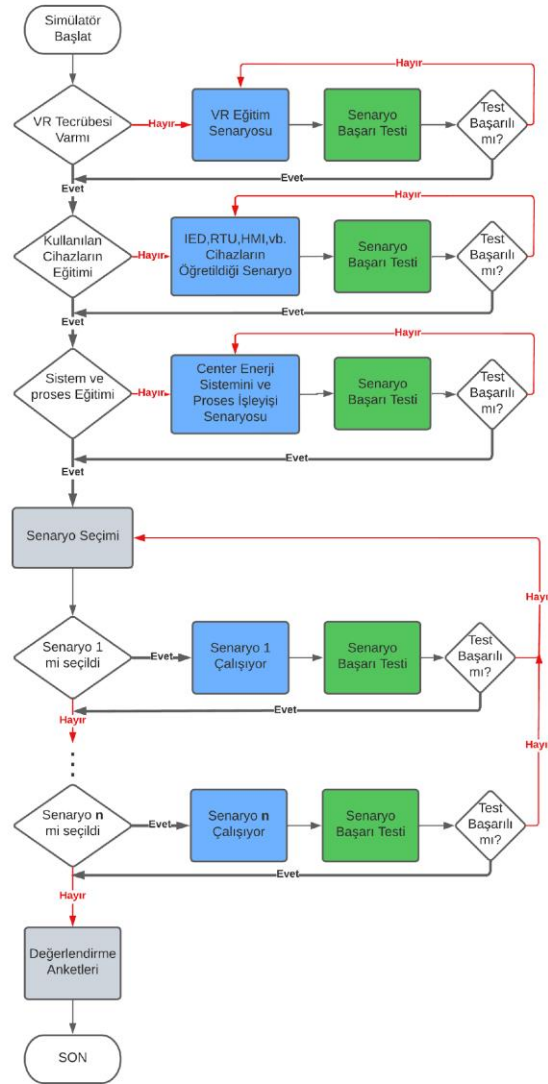
### **3.5. Simülasyonun Değerlendirilmesi ve Kullanılabilirlik Testi**

Kullanılabilirlik, hedef kullanıcıların belirli bir görevi gerçekleştirmek için bir sistemin işlevselliğini ne kadar iyi kullanabileceğini ifade eder [24]. Kullanılabilirliğin test edilmesinde beş temel nitelik bulunmaktadır: öğrenilebilirlik, verimlilik, akılda kalıcılık, hatalar ve memnuniyet [25]. Kullanılabilirlik testi, eğitimci ve uygulama geliştiricilerine kullanıcıların sistem ile nasıl etkileşime geçtiklerini görmesini ve programı sürüme çıkarmadan önce kullanım ile alakalı sorunların bulunmasını sağlamaktadır [26].

Kullanılabilirlik testi biçimlendirici ve genel olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Biçimlendirici kullanıcı testi, tasarım ve geliştirme aşamalarının başında ara yüz tasarımındaki problemleri belirleyip çözüm getirmek için kullanılmaktadır. Biçimlendirici testler için 5 kullanıcı genelde yeterli olmaktadır [27]. Biçimlendirici test için sistem kullanılabilirlik testi (SUS) kullanılacaktır. John Brooke tarafından 1986 yılında geliştirilmiş olan SUS, geçen yıllar içerisinde kullanılabilirlik testi için bir standart haline gelmiştir [28]. Bu test, “kesinlikle katılmıyorum” ile “kesinlikle katılıyorum” arasında beş cevap seviyesi olan 10 adet sorudan oluşmaktadır. Her SUS testi sonrasında alınan cevaplara göre toplam bir puan hesaplanmakta ve bu puanın 68 üzeri olması kullanılabilirliğin ortalamanın üzerinde olduğunu göstermektedir [29].

Center Enerji sanal gerçeklik uygulamasında gerçekleştirilecek olan senaryoların, her geliştirme hedefinin tamamlanmasının ardından uygulamanın ilgili senaryoyu içeren kısmı biçimlendirici teste tabi tutularak toplam SUS puanı hesaplanacaktır. Elde edilen sonuçta SUS puanı ortalamanın altında ise tasarımda yapılan hatalar tespit edilecek ve gerekli değişiklikler yapılacaktır.





Şekil 4. Önerilen sanal gerçeklik uygulamasının işleyiş akışı

Geliştirilecek simülâtörün öğrenme etkinliğinin test edilmesi için gönüllü üniversite öğrencileri üzerinde bir deney gerçekleştirilecektir. Deneye girecek öğrenciler kontrol ve deney grubu olmak üzere ikiye ayrılacaktır. Deneye girecek öğrencilerin yaş, cinsiyet, eğitim ve sanal gerçeklik ile tecrübeleri tespit edilecektir. Yapılacak testin farklı özelliklere sahip öğrenciler üzerinde yapılması tavsiye edilmektedir [30]. İki grupta klasik eğitimi aldıktan sonra bilgi kazanımlarını ölçmek için bir ön teste tabi tutulacaklardır. Daha sonra deney grubu sanal gerçeklik uygulaması kullanacak ve uygulama içerisindeki senaryoları gerçekleştirecektir. Uygulama eğitiminin ardından iki grup tekrardan bilgi kazanımlarını ölçmek için teste tabi tutulacaktır. Bu testler sonrasında iki grubun elde ettiği test skorları üzerinden uygulamanın öğrenme etkinliğine katkısı tespit edilecektir [21]. Geliştirilecek olan simülâtörün işleyiş akışını gösteren diyagram şekil 4’de verilmiştir.

#### 4. Sonuç ve Tartışma

Gelişen teknolojiyle beraber değişen yeni nesilleri eğitmek için kullanılan tekniklerinde bu değişime uyum sağlaması gerekmektedir. Günümüzde eğitim görecekt olan yeni nesiller çocukluktan bu yana devamlı olarak çevrim içi teknolojilerle bir arada yaşamışlardır. Bu sebeple yeni nesil dijital yerli olarak tanımlanmaktadır. Her bir öğrencinin yanında her an dikkatini dağıtabilecek olan bir dünyaya erişmesine izin veren akıllı telefona sahip olması eğitimcilerin işlerini de zorlaştırmaktadır. Eğitimdeki bu zorlukların üstesinden gelmek için farklı yaklaşımların denenmesi gerekmektedir.

Yeni nesil öğrencilerin ilgisini çekecek ve motivasyonunu arttıracak olan sanal gerçeklik tabanlı eğitim tekniklerinin eğitimde başarılı olduğu kanıtlanmıştır. Tasarım önerisini verdiğimiz bu çalışma ile yeni nesillerin kritik altyapıların siber güvenliği konusunda alacakları eğitimin verimliliğine katkı sağlaması ve kullanıcılarda siber güvenlik farkındalığı yaratması beklenmektedir. Ayrıca beklenen katkının elde edilmesi durumunda araştırmacıları, sanal gerçeklik ile siber güvenlik eğitimi konusunda yeni çalışmalara teşvik edeceği ön görülmektedir.

## References

- [1] Ulusal Siber Güvenlik Stratejisi ve Eylem Stratejisi, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, <https://hgm.uab.gov.tr/uploads/pages/siberguvenlik/ulusal-siber-guvenlik-stratejisi-ep-2020-2023.pdf> [Accessed 5 July 2022].
- [2] On Birinci Kalkınma Planı, T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/OnbirinciKalkinmaPlani.pdf> [Accessed 5 July 2022].
- [3] Özçelik İ, İskefiyeli M, Balta M, Akpınar KO and Toker FS. CENTER Energy: A Secure Testbed Infrastructure Proposal for Electricity Power Grid. In: International Conference on Information Security and Cryptology (ISCTURKEY) 2021:149-154.
- [4] Özçelik İ, İskefiyeli M, Balta M and Toker FS. Testbed Infrastructure Proposal (Center Energy) for Electricity Power Grid and Defence in Depth Practice on The Proposal. International Journal of Information Security Science 2022; 11-2:52-68
- [5] Blazic BJ. Changing the landscape of cybersecurity education in the EU: Will the new approach produce the required cybersecurity skills?. Educ Inf Technol 2022;27:3011–3036.
- [6] Research Report: The Life and Times of Cybersecurity Professionals 2018, In: Jon Oltsik, 2019.
- [7] Craig, AB, Sherman WR and Will JD. Developing virtual reality applications: Foundations of effective design. In: Morgan Kaufmann, Burlington, MA, USA, 2009.
- [8] Biocca F. Communication within virtual reality: Creating a space for research. Journal of

communication 1992;42-4:5–22.

- [9] Ip HH and Li C. Virtual reality-based learning environments: Recent developments and ongoing challenges. In: International conference on hybrid learning and continuing education 2015:3-14.
- [10] Fung FM, Choo WY, Ardisara A, Zimmermann CD, Watts S, Koscielniak T *et al.* Applying a virtual reality platform in environmental chemistry education to conduct a field trip to an overseas site. *Journal of Chemical Education* 2019; 96(2):382–386.
- [11] Christopoulos A, Mystakidis S, Cachafeiro E and Laakso MJ. Escaping the cell: virtual reality escape rooms in biology education. *Behaviour & Information Technology* 2022:1-18.
- [12] Chenrai P and Jitmahantakul S. Applying virtual reality technology to geoscience classrooms. *Review of International Geographical Education Online* 2019;9(3):577-590.
- [13] Foreman N. Virtual reality in psychology. *Themes in Science and Technology Education*, 2019;2(1-2):225-252.
- [14] Oz C, Serttas S, Ayar K, Findik F. Effect of Virtual Welding Simulator on Tig Welding Training. *Journal of Materials Education*. 2015;37:197-218
- [15] Virvou M, Katsionis G, Manos K. Combining software games with education: Evaluation of its educational effectiveness. *Educational Technology & Society* 2005;8(2):54–65.
- [16] Veronica SP. Reasons to use virtual reality in education and training courses and a model to determine when to use virtual reality. *Themes in Science and Technology Education* 2010;2:1-2
- [17] Jin Q, Liu Y, Yarosh S, Han B, Qian F. How Will VR Enter University Classrooms? Multi-stakeholders Investigation of VR in Higher Education. In *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* 2022; 17; 1-17.
- [18] Alghamdi MY, Younis AY. The use of computer games for teaching and learning cybersecurity in higher education institutions. *Journal of Engg. Research* 2021; 9: 143-152.
- [19] Seo J, Bruner M, Payne A, Gober N, McMullen D, Chakravorty D. Using Virtual Reality to Enforce Principles of Cybersecurity. *The Journal of Computational Science Education*;2019.
- [20] Kullman K, Ryan M, Trossbach L. VR/MR Supporting the Future of Defensive Cyber Operations. *IFAC-PapersOnLine*, 2019;52(19) :181-186.
- [21] Giannakas F, Troussas C, Krouska A, Voyiatzis I, Sgouropoulou C. Blending cybersecurity education with IoT devices: A u-Learning scenario for introducing the man-in-the-middle attack. *Information Security Journal: A Global Perspective* 2022; 1-12.

- [22] Bernal IFM, Lozano-Ramírez, NE, Cortés JMP, Valdivia S, Muñoz R, Aragón J et al. An Immersive Virtual Reality Training Game for Power Substations Evaluated in Terms of Usability and Engagement. *Appl. Sci.* 2022;12:711
- [23] Grant P, McTighe W, McTighe J. *Understanding by Design* (expanded 2nd ed.). ASCD; 2005.
- [24] Nielsen J. *Usability Engineering*, Elsevier; 1994.
- [25] Nielsen J. Usability metrics: Tracking interface improvements. *IEEE Software*; 1996.
- [26] Sanders J. The importance of usability testing to allow e-Learning to reach its potential for medical education. *Education for Primary Care* 2010;21:6-8.
- [27] Nielsen J, Landauer TK. A mathematical model of the finding of usability problems. In: *Proceedings of ACM INTERCHI'93 Conference* (Amsterdam, The Netherlands Cyber Operations) 1993:206-213.
- [28] Brooke J. SUS: a retrospective. *Journal of usability studies* 2013;1:29-40.
- [29] Bangor A, Kortum PT, Miller JT. Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale, *Journal of Usability Studies* 2009:114-123
- [30] Livatino S, Christina K. "Simple Guidelines for Testing VR Applications," INTECH Open Access Publisher 2008.