

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

**SANAL ROBOTİK LABORATUARI İÇİN SCORBOT-ER
UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Seda İŞGÜZAR

Anabilim Dalı: Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi

Programı: Bilgisayar Sistemleri Eğitimi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Asaf VAROL

HAZİRAN-2010

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

**SANAL ROBOTİK LABORATUARI İÇİN SCORBOT-ER
UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Seda İŞGÜZAR

06131102

Anabilim Dalı: Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi

Programı: Bilgisayar Sistemleri Eğitimi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Asaf VAROL

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 26 Mayıs 2010

HAZİRAN-2010

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

SANAL ROBOTİK LABORATUARI İÇİN SCORBOT-ER UYGULAMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Seda İŞGÜZAR
06131102**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 26 Mayıs 2010
Tezin Savunulduğu Tarih: 9 Haziran 2010**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Asaf VAROL (F.Ü)
Diğer Jüri Üyeleri: Doç. Dr. İbrahim TÜRKOĞLU (F.Ü)
Yrd. Doç. Dr. Cihad DEMİRLİ (F.Ü)**

HAZİRAN-2010

ÖNSÖZ

Bu tezde, sanal laboratuvarların gerekliliğinin ve verimliliğinin anlaşılabilmesi amacıyla, sanal robotik laboratuvar üzerine çalışılmıştır. Robotik dersi için bir materyal sunulması, bu alandaki eğitimin zaman ve mekândan bağımsızlaştırılması hedeflenmiştir. Bu çalışmadaki genel amaç, eğitimin teknolojiyle bütünleştiği, bilginin her şeyden üstün hale geldiği çağımızda kalıcı ve etkin öğrenmelerin gerçekleştirilmesine katkı sağlamaktır.

Çalışmam esnasında her türlü hoşgörü, destek ve bilgisiyle bana katkıda bulunan, öğrenmeyi öğreten değerli danışmanım Prof. Dr. Asaf VAROL'a, uygulama geliştirme esnasında yardımını esirgemeyen hocam Murat KARABATAK'a, her daim bana destek veren ve yanımda olan çok kıymetli aileme, arkadaşlarıma ve özellikle anneme teşekkürü bir borç bilirim.

Seda İŞGÜZAR
ELAZIĞ- 2010

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
SUMMARY	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ	VII
TABLolar LİSTESİ	VIII
KISALTMALAR	XI
1. GİRİŞ	1
2. WEB TABANLI EĞİTİM	4
2.1. Web Tabanlı Eğitimin İçeriği ve Önemi	4
2.2. Web Tabanlı Eğitimin Sahip Olması Gereken Temel Özellikler	7
2.3. Web Tabanlı Eğitimin Tasarım Süreci	8
2.4. Web Tabanlı Eğitimin Avantajları	10
2.5. Web Tabanlı Eğitimin Dezavantajları	12
3. SANAL LABORATUARLAR.....	13
3.1. Sanal Laboratuarların Tanımı ve İçeriği.....	13
3.2. Sanal Laboratuarların Gerekliliği	14
3.3. Sanal Laboratuar ile Klasik Laboratuarların Karşılaştırılması	16
3.4. Sanal Laboratuar Türleri.....	18
3.5. Sanal Laboratuarlar Tasarım Kriterleri.....	19
3.6. Sanal Laboratuar Oluşturulurken Kullanılan Teknolojiler	20
3.6.1. Web3D Teknolojileri.....	20
3.6.1.1. VRML.....	21
3.6.1.2. Java 3D	23
3.6.1.3. Java	25
3.6.1.4. X3D	26
3.6.1.5. OpenGL	27
3.6.1.6. Open Inventor	28
3.6.1.7. Direct3D	29
3.6.2. Benzetim, Animasyon ve Grafik Teknolojileri	29
3.6.3. Yüksek Seviyeli Programlama Dilleri.....	31
3.7. Sanal Laboratuarların Uygulama Alanları.....	32
4. ROBOTİK SİSTEMLER.....	33
4.1. Robotik ve Robot Kavramlarının Tanımı ve İçeriği.....	33
4.2. Robotların Sınıflandırılması	33
4.2.1. Robot Eksenlerine Göre Sınıflandırma.....	34
4.2.1.1. Robot Hareketinin Eksenleri	34
4.2.2. Koordinat Sistemlerine Göre Robotların Sınıflandırılması	34
4.2.2.1. Kartezyen Koordinat Sistemi	35
4.2.2.2. Silindirik Koordinat Sistemi.....	36
4.2.2.3. Küresel Koordinat Sistemi	37
4.2.2.4. Döner Koordinat Sistemi	38
4.2.3. Mafsallı Robotlar	38
4.2.4. SCARA Tipi Robot	39

	<u>Sayfa No</u>
4.2.4.1. SCORBOT-ER V Plus Robot Kolu.....	40
5. SCORBOT-ER V PLUS UYGULAMASI.....	46
5.1. OpenGL ve Glut Kütüphanesi	46
5.2. OpenGL Mimarisi	48
5.3. OpenGL Temel Kütüphaneleri ve İşlevleri	49
5.4. OpenGL Veri Tipleri	50
5.5. OpenGL’de Fonksiyon İsimleri.....	50
5.6. Derleyici Ayarları ve Kütüphanelerin Eklenmesi	51
5.7. OpenGL Programı Tasarım Aşamaları.....	53
5.8. SCORBOT-ER V Plus Robot Kolu Tasarımı	54
5.8.1 Başlangıç: Ana Fonksiyon ve Pencere Yönetimi	54
5.8.2 Model Çiziminin Gerçekleştirilmesi	57
5.8.3 Kumanda Paneli ve Modelin Kumanda ile Kontrolünün Sağlanması.....	59
6. SONUÇ	64
6.1 Öneriler	65
KAYNAKLAR	66
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

Bu tezde, web tabanlı eğitim ve sanal laboratuvar sistemleri, bu sistemlerde kullanılan teknolojiler, bu sistemlere neden gereksinim duyulduğu incelenmiş ve teknoloji fakültelerinde okutulan robotik dersi için bir sanal laboratuvar uygulaması geliştirilmiştir. Uygulama için maliyeti yüksek ve hasar görmeye elverişli olan SCORBOT-ER V robot kolu seçilmiştir. Böylelikle, bu robot koluna sahip olmayan kurumlarda okuyan öğrencilere, bu robot kolunu tanıma fırsatı sunulması ve kalıcı öğrenmeler sağlanması hedeflenmiştir.

Benzetim ve animasyon yazılımları kullanılarak, SCORBOT-ER V robot hareketlerinin sanal ortamda, ekranda gerçeğe uygun yapılması sağlanmıştır. Geliştirilen yazılım sayesinde öğrenciler kendi bilgisayarlarında dahi robot uygulamalarını yapabileceklerdir.

Anahtar kelimeler: Sanal Robotik Laboratuvarı, SCORBOT-ER Uygulaması

SUMMARY

SCORBOT-ER Application For Virtual Robotic Laboratory

In this study web based education, virtual laboratory systems and technologies which are used in these systems are investigated and discussed. A virtual laboratory application is developed for robotics course at the Technology Faculties. For the application a SCORBOT-ER manipulation is used because this robot is expensive and it is very sensitive. It is aimed that the students whose faculty has not a robot manipulator, meet with a robot in virtual environment.

Thanks to this study the movements of SCORBOT-ER robot can be done on the screens using some animation and simulation software. The students can even apply their work on their computers with developed software.

Key words: Virtual Robotic Lab, SCORBOT-ER Application

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 2.1. Web tabanlı eğitim	4
Şekil 2.2. Web tabanlı eğitimin tasarım süreci	9
Şekil 3.1. Vrml ile oluşturulmuş bir silindir	22
Şekil 3.2. Java3D küp pencere görüntüsü.....	24
Şekil 4.1. Kartezyen koordinat sistemine ait şematik çizim.....	35
Şekil 4.2. Silindirik koordinat sistemi	36
Şekil 4.3. Küresel koordinat sistemi	37
Şekil 4.4. Küresel koordinat robotunun yatay ve düşey hareket alanları	37
Şekil 4.5. Döner koordinat sistemli robot eksenleri.....	38
Şekil 4.6. Mafsallı robot	38
Şekil 4.7. SCARA tipi robota ait şematik çizim.....	39
Şekil 4.8. SCARA robotun çalışma alanı	39
Şekil 4.9. SCORBOT-ER V Plus robot kolu	40
Şekil 4.10. Robot kolu bağlantıları.....	42
Şekil 4.11. Robot kolu eklemleri.....	42
Şekil 4.12 Çalışma alanı (üstten görünüm).....	42
Şekil 4.13. Çalışma alanı (yandan görünüm)	42
Şekil 4.14. SCORBOT-ER V Plus kontrol kumandası	43
Şekil 5.1. OpenGL ile çalışan bir oyundan görüntü	47
Şekil 5.2. OpenGL mimarisi	48
Şekil 5.3. OpenGL boru hattı.....	48
Şekil 5.4. Visual C++ 6.0 çalışma sayfası görüntüsü	52
Şekil 5.5. Modelin yerleştirileceği ortam görüntüsü.....	58
Şekil 5.6. Robot modeli	59
Şekil 5.7. Kumanda paneli.....	61

TABLÖLER LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1. Uzaktan erişimli laboratuvarların sağladığı yararlar	16
Tablo 4.1. SCORBOT-ER V Plus robot kolunun özellikleri.....	41
Tablo 4.2. SCORBOT-ER V Plus robot kolunun eklem ve hareketleri	42
Tablo 4.3. Kontrol kumandasında yer alan tuş işlevleri	44
Tablo 5.1. Veri tipleri	50
Tablo 5.2. Kütüphane ve başlıklar	51

KISALTMALAR LİSTESİ

3D	: Three Dimension- Üç Boyutlu
API	: Application Programming Interface- Uygulama Programlama Arayüzü
ASP	: Active Server Pages- Aktif Server Sayfaları
CAD	: Computer Aided Design- Bilgisayar Destekli Tasarım
EWB	: Electronic Work Bench- Elektronik çalışma Aracı
GDI	: Graphic Device Interface- Grafik Cihaz Arayüzü
GLUT	: OpenGL Utility Toolkit- OpenGL Faydalanma Araç Kiti
GUI	: Graphical User Interface- Grafik Kullanıcı Arayüzü
HTML	: Hyper Text Markup Language- Hiper Metin İşaretleme Dili
JoGL	: Java OpenGL
LABVIEW	: LABoratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench
OpenGL	: Open Graphics Library- Açık Grafik Kütüphanesi
PHP	: Hypertext Preprocessor- Üstün Yazı Önışlemcisi
RGBA	: Red-Green-Blue- Kırmızı Yeşil Mavi Alpha Renk Modu
SCARA	: Selective Compliance Assembly Robotic Arm- Seçimlere Uyan Montaj Robot Kolu
VRML	: Virtual Reality Modelling Language- Sanal Gerçeklik Modelleme Dili
WTE	: Web Tabanlı Eğitim
WWW	: World Wide Web- Dünya Çapında İnternet
X3D	: Extensible 3D Graphics- Geliştirilebilir 3D Grafikleri

1. GİRİŞ

Günümüzde yapılabilecek en büyük yatırım, insana yapılan yatırımdır ve bu ancak eğitimle mümkündür. Geliştirilen eğitim modellerinde ise varılan ortak nokta, en iyi, en kalıcı öğrenmenin yaparak, yaşayarak gerçekleştiğidir. Bu nedenle laboratuvar uygulamaları, öğrencilerin tecrübe kazandığı eğitimin önemli bir bileşenidir ve geleneksel laboratuvar çalışması herhangi bir eğitim programının tamamlayıcı bölümünü oluşturur. Bu deneysel çalışmalar, öğrencilere pratik beceri kazandırır ve onları gerçek yaşam ortamına hazır hale getirmekte yardımcı olur [1]. Teknolojik ilerlemelerin ve internetin eğitimde yerini almasıyla geleneksel laboratuvarların getirmiş olduğu sınırlılıklar ortadan kalkmaya başlamıştır.

Artık geleneksel eğitim çizgisi günden güne değişmektedir. Oluşturulan internet tabanlı eğitim sayfaları ile eğitime yeni bir yön kazandırılmıştır. Öğrenci, web sitesinde normal bir sınıf ortamında olduğu gibi dersleri alabilir, konu ile ilgili sorularını oluşturulan forum ortamlarında arkadaşları ile tartışabilir ya da ders hocalarına sorabilir. Ayrıca oluşturulan bu web sayfalarında zaman, mekân ve alet sınırlaması olmadığı için daha fazla öğrencinin katılımı sağlanabilmektedir [2]. Son yıllarda yapılan çalışmalarda sadece teorik bilgi değil, aynı zamanda laboratuvar ortamında bulunan makinelerin benzetimi yapılarak, öğrenciye deney yapma olanağı sağlanmaktadır [3, 4]. Bilgisayarların maliyet verimliliği ve çok yönlülüğünün yanında, ağlarla haberleştirilmesi ile tüm dünyada geleneksel laboratuvarlara uygun bir alternatif olarak sanal laboratuvarların oluşturulması yaygınlaşmıştır. Bu durum, laboratuvar uygulamalı derslerde, uzaktan eğitim modelinin kullanılabilirliğini sağlamış ve bu konudaki çalışmaları hızlandırmıştır [1].

Bilgisayar sistemleri sayesinde eğitimdeki fırsat eşitsizlikleri ortadan kaldırılmakta ve bireylerin laboratuvar ortamında sahip olamadıkları imkânlar, bilgisayar ekranına taşınmaktadır. Bu sistemlerin amacı, öncelikle bireylere daha kaliteli eğitim sunabilmek, eğitimdeki maliyeti azaltmak ve çalışma esnasında doğabilecek zararları en aza indirmektir. Uzaktan eğitimin her geçen gün daha da önem kazandığı günümüzde, eğitim ve öğretimin vazgeçilmez unsurları olan laboratuvarların da uzaktan erişebilir olması ve öğrencilerin laboratuvar imkânlarına sadece derslerde ve uygulama saatlerinde değil her zaman ve her yerden erişebilmeleri de gerekmektedir [23].

Bu gereksinim uzaktan erişimli laboratuvar, sanal laboratuvar, web tabanlı laboratuvar, internet tabanlı laboratuvar tanımlarını ortaya çıkarmaktadır. Uzaktan erişimli laboratuvarlar, farklı coğrafi mekânlardaki kullanıcıların uzaktan laboratuvar donanımına erişimi ve komut gönderip geri bildirim bilgisi ve ortam görüntüsü almasının sağlandığı uygulamalardır. İlk olarak uzaktan erişimli laboratuvarlar, laboratuvarların kullanıma ilişkin mekânsal ve zamansal kısıtlamaların aşılabilmesi için donanımlara uzaktan erişilen laboratuvarlar oluşturulması düşüncesinin proje haline getirilip, daha sonra geliştirilmesi ve uygulamaya konulmasıyla oluşturulmuşlardır. Böylece laboratuvarlarda bulunan deney düzeneklerinin ve donanımların hem laboratuvarlarda bulunan öğrenciler tarafından hem de internet aracılığıyla uzaktan erişenler tarafından kullanılabilmesi sağlanmıştır [23].

Sanal laboratuvarların uygulama sahası bulabileceği en önemli alanlardan biri de makine mühendisliği, elektrik ve elektronik mühendisliği ve bilgisayar mühendisliği disiplinlerinin ortak çalışma alanı olan robotik dersidir. Robotik dersi, bir yazılım aracılığı ile yönetilen ve yararlı bir amaç için iş ve değer üreten robotların tasarımı ile ilgili bilgilerin verildiği, bu konuya dair becerilerin geliştirilmesinin amaçlandığı bir derstir. Bu derste öğrencilerin, robot tasarımı için kullanılan hassas, pahalı ve bozulmaya müsait malzeme ve robot kollarının kullanımı hakkında bilgi sahibi olmamalarından ötürü sorunlar yaşanmakta ve bu öğrenci kaynaklı hatalar, maliyeti yüksek olan bu materyallerin yitirilmesine ve bu alandaki öğrenmelerin gerçekleşememesine sebebiyet vermektedir. Bu tür kayıpların önüne geçmek, öğrenci ve öğretmenlere ders materyali, robotik ya da robot tasarımı ile ilgilenen bütün dallar için gerekli materyallere sahip olmayan kurumlara deney imkânı sunmak için sanal laboratuvarlar etkili bir çözümdür.

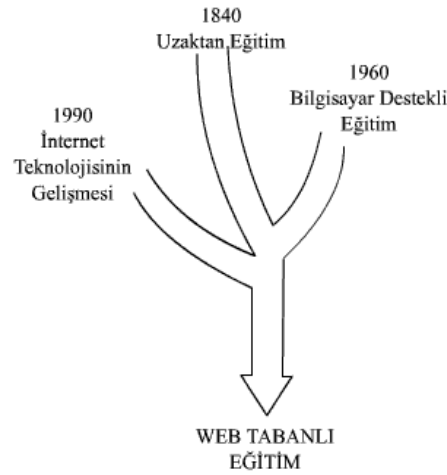
Eğitimde hızla yerini almaya, eğitimcilere ve öğrencilere güzel fırsatlar sunmaya başlayan sanal laboratuvar uygulamalarının konu edildiği bu tez çalışması, şu bölümlerden meydana gelmiştir; 2. Bölümde, web tabanlı eğitimin tanımı, içeriği, gerekliliği, web tabanlı eğitimin sahip olması gereken temel özellikler, web tabanlı eğitim materyallerinin tasarlanması, avantajları ve dezavantajları anlatılmıştır. 3. Bölümde, sanal laboratuvarların (web tabanlı laboratuvarların) tanımından ve içeriğinden, sanal laboratuvarların neden kullanılması gerektiğinden, sanal laboratuvar ile klasik laboratuvarların karşılaştırılmasından, sanal laboratuvar türlerinden, sanal laboratuvar hazırlamak için kullanılan teknolojilerden ve sanal laboratuvarların uygulama alanlarından bahsedilmiştir. 4. Bölümde ise tez çalışmasına konu olan robotik alanından, robot çeşitlerinden, uygulama için seçilen robot türü SCORBOT-ER V Plus robot kolunun özelliklerinden ve çalışma prensiplerinden

bahsedilmiştir. 5. Bölümde, tasarlanan sistemde kullanılan teknolojiler olan Visual C++, OpenGL ve Glut kütüphanesi ile tasarlanan sistemin genel yapısı ve özellikleri açıklanmıştır. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar belirtilmiştir.

2. WEB TABANLI EĞİTİM

2.1. Web Tabanlı Eğitimin İçeriği ve Önemi

Web tabanlı eğitim (web based education), eğitimin zaman ve mekândan bağımsız olarak yürütüldüğü, bilgisayarın öğrenim, sunum ve iletişim aracı olarak kullanıldığı, öğretmen ve öğrencinin aynı zamanda etkileşimli olup olmamalarına göre eş zamanlı (senkron) ve eş zamanlı olmayan (asenkron) diye iki farklı şekilde ders içeriklerinin gerçekleştirildiği bir eğitim modeli olarak tanımlanabilir [5]. Bir başka deyişle web tabanlı öğretim, öğrenimin teşvik edildiği ve desteklendiği anlamlı bir öğrenme ortamı oluşturmak için, web üzerindeki kaynakları kullanan hipermedya tabanlı bir öğretim programıdır [6]. Web tabanlı eğitim; uzaktan eğitim, bilgisayar destekli eğitim ve internetin bir arada kullanıldığı bir sistem olarak ortaya çıkmıştır. Web tabanlı eğitimin gelişimi Şekil 2.1’de grafiksel olarak gösterilmiştir [13, 14].



Şekil 2.1. Web tabanlı eğitim [13, 14].

Uzaktan eğitimde kullanılan oldukça geniş ve değişik eğitim araçları vardır. Bu yapıda önceleri mektup, radyo ve televizyonlar kullanılırken; bilgisayar teknolojisi ile bilgisayar ağlarının son on yıldaki hızlı gelişimleri, bilgisayarları uzaktan eğitim sürecinde kullanılabilecek yeni, etkileyici ve popüler bir materyal haline getirmiştir. Artık günümüzde, uzaktan eğitim alanında bilgisayar kadar popüleritesi olan bir diğer konu da internettir [21]. 1990’lı yıllardan itibaren yoğun olarak insan hayatına giren internet, zamanla eğitim alanında da eğitim ve öğretim aracı olarak yerini almıştır. İnternetin ortaya

çıkardığı web tabanlı eğitim, birçok alanda eksikliği giderecek ve gereksinimlere cevap verebilecek bir eğitim modeli olarak nitelendirilmektedir. Son derece dinamik bir yapıya sahip olan bu eğitim modeli sayesinde, öğrenciler zamandan ve mekândan bağımsız olarak dersleri takip edebilmektedir. Ders içeriğinin uygun şartlar ve tekniklerle hazırlanmasıyla web tabanlı eğitim daha zevkli ve kalıcı bir çalışma ortamı sunacaktır. İnternet ortamındaki ders devamlı ulaşılabilir olacak ve güncel tutulabilecektir [7].

Web tabanlı eğitimde içeriğe ulaşmak için html sayfa yapıları düzenlenmekte, iletişimin sağlanması ve sağlıklı olarak yürütülmesi için elektronik posta listelerinden faydalanılmakta, etkileşimin artırılabilmesi için tartışma listeleri ve sohbet programları kullanılmaktadır. Geleneksel sistemlere göre dinamik bir yapıya sahip olan web tabanlı eğitim, öğrencilerin kendilerine uygun zamanda, istenilen sıklık ve sürede, mekândan bağımsız olarak dersleri takip etmelerini sağlamaktadır. Ses, video, grafik, iki boyutlu veya üç boyutlu hazırlanmış animasyonlar, anında dönüt alınacak şekilde tasarlanmış yapılarla zenginleştirilmiş materyaller içermektedir [6].

Bilgi miktarının ve bilgiye ulaşması gerekenlerin sayısının artması nedeniyle eğitimde rekabette başarı ölçütü sahip olunan bilgileri en hızlı yoldan ve talebe özel biçimde sadece öğrencilere değil, geniş topluluklara ulaştırmaktır. Geleneksel hoca-sınıf-ders kavramları da bu doğrultuda değişim göstermektedir ve bir konu en iyi şekilde sadece bir kişiden değil alt konuları en iyi bilen uzmanların bilgilerinin bir araya getirilmesi ile öğrenilmektedir. Çok değişik mekânlardaki her çeşit öğrenci, değişik mekânlardaki uzman ve ders konularına ulaşmak istemektedir. Bunu yapmanın yolu ise web tabanlı eğitimdir [9].

Web tabanlı eğitimin, bazı kavramsal hedefleri aşağıdaki gibidir:

- Yaşam boyu eğitimi gerçekleştirme,
- Büyük kitlelere ulaşma,
- Teknoloji ile eğitimi birleştirme,
- Birey ve toplum gereksinimlerine yönelme,
- İş-eğitim bütünlüğünü sağlama,
- Yeni olanaklar oluşturma [17, 18].

Ayrıca, mevcut eğitim uygulamalarını, üstlendiği rol ve yapı yönünden zorlayan ve web tabanlı eğitimi teşvik eden etkenlerin bazıları da ana hatlarıyla aşağıdaki gibidir [17, 18]:

- Nüfustaki değişimler
- Okul sayılarının eğitim talebine yeterince cevap verememesi
- Bireysel ve bağımsız öğrenme ile kitle eğitiminin sağlanmasının gerekliliği
- Yaşam şartlarının değişimi ve teknolojiyle birlikte eğitilmiş eleman ihtiyacının artması
- Bireylerin farklı eğitim gereksinimi duymaları
- Mevcut eğitimin dışında kalan bireylere eğitim olanağının sağlanması zorunluluğu
- Gelişen teknolojiden eğitimde faydalanma gereksinimi
- Teknolojiyle öğrenme-öğretme sürecinin gerçekleştirilmesi zorunluluğu

Web tabanlı eğitim yaklaşımının günümüzde bu kadar önemli hale gelişindeki etkenler, modelin hızlı gelişimini ve yapılan yatırımların sebebini anlamak açısından önemlidir. İlk akla gelen neden genellikle web ortamının zamandan ve mekândan bağımsız oluşu, bu sayede “nerede ve ne zaman olursa olsun bilgiye erişim” ilkesinin sağlanmasıdır. Eğitim almak isteyen kimselerin çoğu başta iş olmak üzere çeşitli nedenlerle, zaman ve mekân sınırlamaları olan alışılmış eğitim yaklaşımından faydalanamamakta, böylece web tabanlı eğitimin esnek ve bağımsız yapısı önem kazanmaktadır. Ancak web tabanlı eğitim sadece “zamandan ve mekândan bağımsızlık” özellikleri ile ön plana çıkartılırsa, önemli bir yanlış yapılmış olabilir. Çünkü bir takım özellikleri, web tabanlı eğitimin kullanılmasının belki de çok daha önemli başka nedenlerini oluşturmaktadır [10, 11]:

- Kişiselleştirilebilir Eğitim: Verilen eğitimin, şirket, bölüm, grup hatta kişiye göre özelleştirilebilmesini sağlar. Bu anlamda, web tabanlı eğitim kişiselleştirilebilir bir eğitim türüdür.
- Etkileşimli Eğitim: Öğrencilerin gerçek hayata uygun olarak geliştirilmiş benzetimlerle, çoklu ortam uygulamalarıyla ve internet ortamının sağladığı araçlarla öğretmen ve diğer öğrencilerle etkileşimli bir şekilde çalışmasına olanak verir.
- Güncel İçerik: Eğitim içeriğinin her zaman güncel olacak biçimde değiştirilmesinin sağlanabildiği bir ortamdır.

- Öğrenci Merkezli Eğitim: Öğrenciye verilecek eğitimin, öğreticinin kapasitesine göre değil, öğrencinin gereksinimlerine göre belirlenebilmesini sağlar. Bu sayede “öğrenci merkezli eğitim” anlayışı benimsenebilmektedir.
- Öğrenci Yönetimli Eğitim: Öğrencinin çevirim içi topluluklar oluşturmaya olanak veren, öğrencinin kendisi için içerik ya da program oluşturabildiği bir ortamdır.
- Düşük Maliyetli Eğitim: Maliyeti, geleneksel sınıf içi eğitim maliyetinin ortalama olarak yarısı kadardır.

Görülüyor ki web tabanlı eğitimin hızlı gelişiminde, zaman/ mekân bağımlılığını ortadan kaldırması kadar, eğitim yaklaşımında önemli değişiklikler getirmesi ve maliyeti düşürmesinin de önemli bir rolü vardır [10, 11].

Ekonomik faaliyetlerin tüm dünyada küreselleştiği günümüzde, bilgi teknolojisinin de küreselleşme sürecinde entegrasyonun en etkili yolu, her sektörde internet teknolojisinin kullanılmasıdır. Bu gelişmelere paralel olarak bilginin paylaşılması sürecinde artık geleneksel eğitim şekilleri yerine, web tabanlı eğitim olanaklarının geçmesi kaçınılmazdır [9].

2.2 . Web Tabanlı Eğitimin Sahip Olması Gereken Temel Özellikler

Eğitim ortamlarında eğitim materyallerinin etkili olarak kullanılamamasında, materyalin pedagojik ve içerik olarak dersin amaçlarına uygun olarak hazırlanmamış olması, başka bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Web tabanlı bir eğitim ortamında olması gereken temel özellikleri şu şekilde sıralayabiliriz:

- Esneklik ve Hâkimiyet: Öğrenci fiziksel mekân veya zaman ile sınırlanmaz ve öğrenme sürecine tam anlamıyla hâkim olmalıdır.
- Düşük Maliyet: Artan öğrenci sayısı ile baş etmek ve web ortamlarını kullanmak için oluşturulan alt yapının maliyeti düşük olmalıdır.
- İyileşen Etkileşim Ortamı: Web tabanlı eğitim ortamı, öğrenci-öğretmen arasında yüz yüze öğretimin yanında senkron ve asenkron etkileşim yöntemleri için de imkânlar sağlamalıdır.
- Kaynakların Paylaşılması ve Yeniden Kullanılabilmesi: Web tabanlı eğitim ortamı, kaynak azlığı sorununu giderebilmeli ve bu kaynakların daha çok öğrenci tarafından paylaşılabilmesini sağlamalıdır.

- İşbirliği Çalışması: Web tabanlı eğitim ortamı gelişmiş etkileşim olanakları ile öğrenciler arasındaki her türlü engeli ortadan kaldırabilir nitelikte olmalı, bu da öğrencilerin çeşitli grup projelerini kolayca düzenleyebilecekleri bir ortam sağlamalıdır.
- Öğrenci Odaklı Öğrenme: Web tabanlı eğitim ortamı öğrenciyi öğrenme sürecinin odağına almalıdır. Öğrenme zamanı ve öğrenme sürati konularında daha çok esneklik sağlamalıdır.
- Öğrenci Motivasyonu: Öğrencinin çalışma takvimlerine uyması hususlarına daha az hâkim olmalı, öğrenciye eğitim ortamında motive edecek öğelerden oluşmalıdır.
- Değerlendirme: Öğrencinin çalışmasını değerlendirecek öğeler içermelidir [14, 15].

2.3. Web Tabanlı Eğitimin Tasarım Süreci

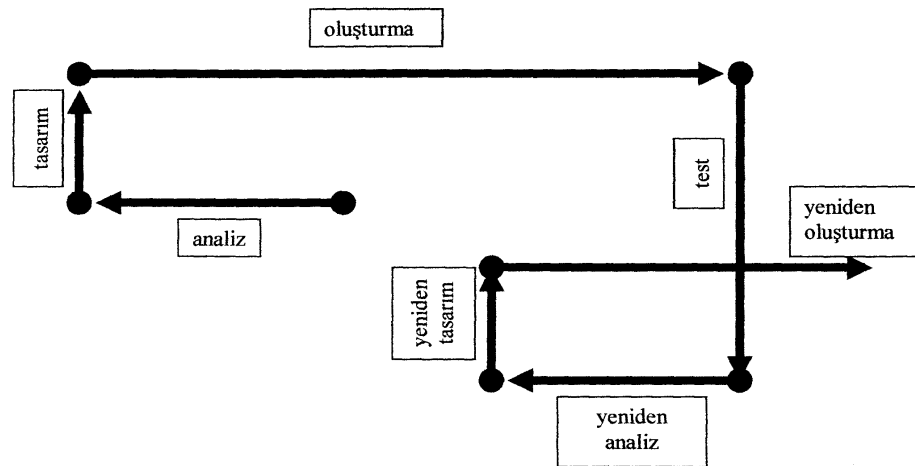
Web tabanlı eğitimin tasarım süreci ve yapısı klasik eğitime göre farklılıklar gösterir. Bu farklılık web tabanlı eğitim ile alâkalı geri beslemelerin alınmasındaki zaman kaybından oluşur. Bir web tabanlı eğitim sayfası, tasarlandıktan sonra yayında kaldığı sürece tasarım-test-yeniden tasarım döngüsüyle devam eder [12, 13].

Web tabanlı eğitim tasarlanmaya başlanmadan önce tespit edilmesi gereken bazı noktalar vardır:

- Hazırlanacak web tabanlı eğitimin amacı, sınırları tayin edilmelidir.
- Web tabanlı eğitimin hedef kitlesi ve bu hedef kitlesinin bilgi seviyesi iyi belirlenmelidir.
- Uygulanacak eğitim süreci sonunda öğrencilere kazandırılmak istenen hedef iyi belirlenmelidir.
- Web tabanlı eğitim için kullanılacak eğitim materyalleri belirlenmeli, bu materyallerin web ortamına uygunluğu araştırılmalıdır.
- Eğitim amacına ve hedef kitlenin bilgi seviyesine uygun pedagojik yaklaşım belirlenerek eğitim kalitesi yüksek tutulmalıdır.

- Öğrencilerin derse olan motivasyonunu yüksek seviyede tutmak için gerekli tedbirler alınmalıdır.
- Öğrencinin eğitimciyle kontak kurması için gerekli tedbirler alınmalıdır.

Web tabanlı eğitim modeli için tasarım, spiral bir yapıya benzer. Tasarım, oluşturma ve test adımları eğitim devam ettiği sürece devamlı yenilenir [12, 13]. Web tabanlı eğitimin tasarım süreci Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Web tabanlı eğitimin tasarım süreci [12, 13].

Uzaktan eğitim kapsamında, içeriğin öğrenciye ulaştırılması, ders sunumlarının gerçekleştirilmesi gibi web tabanlı eğitimin uygulama yöntemleri belirlenirken, Türkiye Enformatik Milli Komitesi tarafından ortaya konan esas ve yöntemler dikkate alınır. Buna göre:

- Etkileşimli sunum
 - o Senkron (Eş Zamanlı): Senkron sunumlu uzaktan eğitim, sunucu taraftaki öğretim üyesi ile istemci taraftaki öğrencilerin eşzamanlı olarak (canlı bağlantı yoluyla) ders etkileşimi içinde oldukları uygulamalar bütünü olarak tanımlanır. Bunun da en yaygın uygulaması video-konferans yöntemidir.
 - o Asenkron (Eş Zamansız): En güncel asenkron sunum yöntemi web tabanlı olanıdır. Web tabanlı asenkron derslerde ders malzemesi büyük ölçüde web üzerinden sunulur. Ders, öğrenci destek hizmetleri, iletişim, etkileşim ve ölçme-değerlendirme aktivitelerini de genellikle web üzerinden gerçekleştirir. Video, kaset gibi yardımcı malzeme de kullanılabilir.

- o Öğrenci ile öğretim üyesinin fiziksel olarak yüz yüze gelmemesi nedeniyle ders malzemesi, iletişim ve diğer destek sayfalarının eğitsel açıdan öğrencinin ilgisini ekranda tutacak şekilde tasarlanması gerekir.
- Etkileşimsiz sunum: Burada ders içeriği tek yönlü olarak öğrenciye sunulmaktadır ve etkileşim son derece sınırlıdır. CD-ROM, video, kaset gibi malzemeler ya da TV yayını gibi sistemler bu kategoriye girer [8].

2.4. Web Tabanlı Eğitimin Avantajları

Öğrenmeyi kolay ve kalıcı kılmak için geliştirilen eğitim modelleri arasında yer alan benzetimler, çoklu ortam seçenekleri, web araçları ve teknolojileri ile desteklenen web tabanlı eğitimin öğretime getirdiği kolaylıklar şu şekilde sıralanabilir:

- Web tabanlı eğitimde öğrenciler, kurs takvimini göz önüne alarak konuları çalışma zamanını kendileri belirlerler. Çalışmak istediklerinde ister evlerinden, isterse de internete bağlanılabilen başka mekânlardan eğitimlerini alırlar. Böylece “her zaman, her yerde eğitim” olgusu gerçekleşmiş olur. Bununla birlikte teknolojik imkânların elverdiği ölçüde kameralardan da faydalanılabilir. Bunun sonucunda da “yüz-yüze eğitim” olgusu gerçekleştirilir [12, 13].
- Web tabanlı eğitim ile kurumlar ve bölgeler arası dengesizlikler kaldırılır veya en aza indirilerek eğitimde fırsat eşitliği sağlanır [13].
- Seyahat, barınma masrafları ve kişilerin seyahat süresince oluşan üretim kaybının ortadan kalkması ve bu nedenle de birey açısından öğrenim maliyetinin düşmesi sağlanmaktadır [7].
- Web tabanlı eğitimde öğrenciye klasik eğitimde sunulan kaynaklardan çok daha büyük ve geniş imkânlar sunulur. İnternet, dünyanın en büyük bilgi bankasıdır. Gün geçtikçe daha fazla insan, kurum, organizasyon ve okul internete bağlanmakta ve mevcut kaynaklarını diğer kullanıcılarına açmaktadır. İnternet ülkeler arası sınırları kaldıran, öğrenciyi okul duvarları dışına çıkaran, öğretmen ile öğrencinin zaman ve ulaşım zorluklarını aşan, aynı zamanda öğrenciye okulun mevcut kaynaklarından daha büyük kaynakları sunan bir teknolojidir. WTE içerisinde hazırlanacak olan web sayfaları sayesinde öğrencilerin konular ile ilgili bağlantılar yapması ve gerekli bilgileri bizzat bilginin kaynağından alması sağlanabilir [13].

- Web tabanlı eğitim klasik eğitim sistemine göre daha ucuza mal olabilir. Her dersin maliyeti farklı olmakla birlikte web tabanlı eğitim, klasik eğitime göre %40 - %60 daha ucuzdur. Web tabanlı eğitimde, klasik eğitim sisteminde temin edilmesi gereken bina, sınıf, sıra, tahta gibi birçok araç kullanılmaz. Ders için gerekli olan, öğrencilerin evlerinden bilgisayarları ile dersin internet sitesine bağlanmalarıdır. Deneylerde ve uygulamalarda kullanılan araç ve gereç yerine onun animasyonu, benzetimi kullanılabilir [12, 13].
- Web tabanlı eğitimde ders içeriklerinin anlatılmasında sayfaların gerekli yerlerine resim, ses ve görüntülerin eklenmesiyle canlandırılıp öğrencilerin derse olan ilgi ve motivasyonları artırılabilir.
- Web tabanlı eğitimde ders anlatımları animasyonlarla ve benzetimlerle zenginleştirilerek dersin eğitim kalitesi klasik sisteme oranla daha çok artırılabilir [12, 19].
- Web tabanlı eğitimde öğrenci ders içerikleri içindeki daha önceden bildiği konuları atlama, anlamadığı konuları ise istediği kadar tekrar etme şansına sahiptir. Eğer varsa o konu hakkındaki linkleri tarayarak konu hakkında daha fazla bilgiye de ulaşabilir [13]. Web tabanlı eğitim ders materyalleri öğretmen tarafından istenildiği anda güncellenebilir veya değiştirilebilir [12].
- Web tabanlı eğitim, öğrencilerin düşünme kabiliyetini geliştirir [12, 13].
- Öğrenciler eğitim sırasında WTE içerisinde bulunan “tartışma grupları” ya da “posta grupları” sayesinde sorulan sorular ya da karşılaşılan problemler hakkında sürekli tartışacaklardır [20]. Bununla birlikte, öğrenciler bu tartışma içerisinde soruyu sorarken de sorunun cevabını verirken de düşünmek zorunda kalacaklardır. Böylece sürekli bir zihin egzersizi içerisinde yer alacaklardır.
- Web tabanlı eğitim, geleneksel sınıf ortamında soru soramayan veya grup içinde katılım yetisine ulaşamayan adayların, elektronik ortamda özgüven kazanmalarını sağlar [20].
- Öğretim elemanı sayısının yetersiz olduğu durumlarda yaşanabilecek olumsuzlukları azaltmaktadır [7].

2.5. Web Tabanlı Eğitimin Dezavantajları

- Web tabanlı eğitim, bir kursun hazırlanması için daha fazla zaman, daha fazla çaba gerektirir. Çünkü bir web sayfasının hazırlanması hem grafiker hem programcı hem de o dersin öğretmeninin bir arada çalışmasını gerektirir. Web tabanlı eğitim sayfası tasarlayan eğitimciler, normal eğitime göre %40-50 daha fazla çaba harcarlar.
- Web tabanlı eğitim, öğrencilerin de daha fazla çalışmasını ve çaba sarf etmesini gerektirmektedir. Web tabanlı eğitim, öğrencilerin oldukça iradesine sahip, kendi başına çalışmayı seven bir yapıda olmasını gerektirir.
- Ayrıca web tabanlı eğitim, öğrencilerinin dersi takip etmek için gerekli temel bilgisayar bilgilerini almış, internet teknolojilerini bilen ve bu bilgilerinin ışığında herhangi bir sorun çıktığında kendi başına üstesinden gelebilen yapıda olmaları gerekmektedir.
- Web tabanlı eğitim öğrencileri, bazen teknik yetersizliklerden dolayı ders başladığı halde dersi takip edemezler. Bu durum bilgisayarlarının kapasitelerinden dolayı bazı programların çalıştırılamaması, kullanılan programların sürümlerinin aynı olmaması ile oluşabilir, üstesinden gelinmesi vakit ve para gerektirebilir [12].
- Web tabanlı eğitimde, uygulamalar ve deneyler için her ne kadar benzetimler kullanılsa da kabiliyet gerektiren eğitimlerde web tabanlı eğitimin başarı yüzdesi düşüktür.
- Web tabanlı eğitim için hazırlık yapan bir öğretmen, mutlaka bir veya birkaç teknik elemandan yardım almak zorundadır [12].
- İnternet bant genişliği ve hızı, tarayıcı (browser) plug-in'leri veya özel yazılımların gerekliliği, internet sunucu bilgisayar (server) ve teknik kapasitelerinin gerekliliği, bağlantı ve erişim problemleri, kullanıcı standartları, öğrencinin basit internet, bilgisayar ve teknoloji bilgisinin gerekliliği, öğrenci ve öğretmene daha fazla sorumluluk düşmesi, kullanıcı yorumları (geri besleme) ve online yardım konusunun çok önemli olması, kaliteli destek hizmetinin önemi de web tabanlı eğitimin getirdiği sınırlılıklardandır [6].

3. SANAL LABORATUARLAR

3.1. Sanal Laboratuvarların Tanımı ve İçeriği

Sanal laboratuvar, eğitimde uygulama deneyimini kazanmak için yapılması gereken deneylerde, etkileşimli bir gerçek zamanlı benzetim imkânı sağlayan bilgisayar ortamı olarak tanımlanabilir. Günümüzde, matematiksel model tabanlı paket program kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Bunun getirdiği sonuç olarak, sanal laboratuvarlar ile bilgisayar benzetimli sistemler üzerinde deneyleri gerçekleştirme imkânı büyük ilgi kazanmıştır [1, 22]. Örneğin; elektrik-elektronik alanında mesleki ve teknik eğitim alan öğrenciler için güç elektroniği laboratuvar deneylerini gerçekleştirmek çok zor ve pahalıdır. Aynı şekilde elektronik-haberleşme eğitimi alan öğrenciler için, mikrodalga, anten, fiber-optik, yüksek frekans tekniği gibi derslerin deneylerinin yapılabileceği bir laboratuvarın kuruluş maliyetinin çok yüksek olmasının yanında, bu konudaki öğretim elemanı eksikliği de ayrı bir problemdir. Yine aynı şekilde, makine dalında eğitim gören bir öğrencinin laboratuvar ve atölye eğitimi için gerekli olan cihaz ve aletlerin kuruluş maliyetleri çok yüksektir. Burada esas olan müfredatın öngördüğü amaç ve hedefler doğrultusunda uygulamalı eğitimin ne kadarının fiilen cihaz-makine başında tecrübeyi gerektirdiğidir. Uzaktan eğitim uygulamasında böyle deneyler için internet tabanlı gerçek zamanlı, gerçek laboratuvar ortamları Web’de gerçekleştirilebilir. Bu yolla, öğrenciler açısından karmaşık kavramların anlaşılması daha kolaylaşmış ve uzaktan gerçek cihazların kontrol edilmesi için yaklaşımlar geliştirilmiştir [1].

Eğitimde başarıyı getiren faktörlerin başında, iyi iletişim, grup çalışmaları, ödevler ve projeler, geri besleme gibi aktif öğrenme yöntemleri sayılabilir. Bütün bunların uzaktan eğitim modelinde sağlanması için hazırlanacak derslerin konularında uzman kişilerin oluşturduğu bir grup tarafından tasarlanması ve yapılması, test edildikten sonra hizmete sunulması, gerektiğinde iyileştirmeler yapılması gerekliliğinin yanı sıra hangi teknolojinin hangi çoklu ortam kombinasyonu içinde kullanılacağının belirlenmesi gerekir [1]. Teknoloji destekli eğitimin en önemli getirileri eğitimde yer, zaman ve yineleme kavramlarında önemli esneklikler sağlama, böylece eğitimin verimliliği açısından klasik eğitim yaklaşımlarına önemli bir destek oluşturmaktır. Ancak sadece uzaktan yayın

yapmanın öğrenciyi yeterince tatmin etmeyeceği de bir gerçektir. Özellikle soyutlama gerektiren alanlarda, öğrencilerin öğretilecek materyale etkili sunum araçları ile ulaşabilmesi, eğitim kalitesi açısından önem taşımaktadır. Benzetimli laboratuvarlarda bilgisayar programları, laboratuvar cihazlarının çalışmasının benzetimini gerçekleştirir. Benzetimler geleneksel laboratuvar sistemlerinin eş değer matematiksel modelleridir. Tipik olarak Delphi, Java, Dreamweaver ve Matlab gibi programlama araçları ile temel seviyede oldukça yararlı benzetimler yapılabilir. Bir sanal laboratuvar, tipik olarak bir bilgisayar üzerinde doğrudan çalışan öğrenciden ve karşısında CD-ROM veya internet üzerinden yüklenen program ile elde edilen yazı, tablo, grafik, resim, video görüntüsü gibi öğelerden oluşur. Laboratuvarlarda deneylere yardımcı olarak sanal laboratuvar kullanılması, deney aşamalarının ilerletilmesine ve deneylerin öğrencilere sağladığı katkının en üst düzeye çıkarılmasında yardım edecektir [24].

3.2. Sanal Laboratuvarların Gerekliliği

Laboratuvar, öğrencilerin tecrübe kazanacağı eğitimin önemli bir bileşenidir. Geleneksel laboratuvar çalışması mühendislik eğitim programının tamamlayıcı bölümünü oluşturur. Bu deneysel çalışmalar, öğrencilere pratik beceri kazandırır ve onları gerçek yaşam durumlarına hazır hale getirmekte yardımcı olur. Bununla birlikte, geleneksel deneylerin değişik kısıtlamaları nedeniyle daha uygun alternatiflerin aranma zorunluluğu ortaya çıkabilmektedir. Bilgisayarların maliyet verimliliği ve çok yönlülüğünün yanında ağlar aracılığıyla birbirleriyle haberleştirilmesi ile tüm dünyada geleneksel laboratuvarlara uygun bir alternatif olarak sanal laboratuvarların oluşturulması yaygınlaşmıştır.

Hiçbir zaman sanal laboratuvarlar, geleneksel laboratuvarların yerini tutamazlar. Ancak geleneksel laboratuvarların değişik dezavantajlarından dolayı ve bilgisayarlar ile sunulan potansiyel birçok gelişmeler ve yararlar sanal laboratuvarların kullanımını geleneksel laboratuvarlara uygun ve destekçi bir alternatif yapabilir [27].

Sanal laboratuvar oluşturmanın gerekçelerini, laboratuvarlarda öğretim elemanları ve öğrencilerin karşılaştıkları sorunlar oluşturmaktadır. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

- Laboratuvarlarda her öğrenciye yetecek sayıda deney donanımının bulunmaması, çoğunlukla 3-4 kişilik gruplarda yapılan laboratuvar çalışmalarının birçok yönden yeterince tatmin edici olmaması, setin tek ve karmaşık olması, setin bozulma

ihtimalinin düşünülmesi, cihazı iyi bilen asistanın olmaması, başkalarının da cihazla çalışma isteğini engelleme vb. kaygılar sebebiyle ileri teknoloji içeren deney setlerinin öğrenci eline bırakılamaması,

- Öğrencinin aynı çerçevedeki benzer deneylerin bazılarını kaçırmaması veya sonuçlarını yanlış alma nedeniyle dersten kopma ya da motivasyonu kaybetme durumları,
- Deneyin muhtemel zorluklarının öğrenci üzerinde oluşturacağı baskı ve çekingenlik,
- Hassas bir cihazın ayarının yapılamaması, deney setindeki bir dönüştürücünün bozulması gibi nedenlerle tüm deney sisteminin çalışmaz, iş görmez duruma düşmesi veya kısmen pasifize olması,
- Deney grupları arasında olumsuz rekabet olması veya grup içindekilerin takım olamaması nedeniyle oluşan problemlerin öğrenciyi laboratuvar çalışmalarından uzaklaştırması,
- Laboratuvarlarda yapılan deneylerde düzeneklerin dikkat ve sabır isteyen adımlarla gerçekleştirilmesi, ölçümlerdeki çokluk, adım başlarında önceki ölçüm sonuçlarının mukayese edilme zorunluluğu, hata durumlarında başa dönülmesi nedeniyle zaman ve emek sarfına karşı koyma iradesi gibi zorluklar,
- Deney yapıldıktan bir süre sonra deney çalışmaları hakkında bilgi kayıpları veya şüphelerin oluşması,
- Yapılan bir deneyi öğrencilerin farklı şekillerde algılaması ve çoğu zaman ilk etapta tam olarak anlayamaması,

Bu sorunlar her zaman erişilecek, öğrencilere tekrar imkânı sunacak, bireysel değerlendirme yapabilecek, rahatça çekinmeden çalışılabilecek, web tabanlı eğitimin getirdiği faydalardan yararlanabilecekleri sanal laboratuvar kavramını gerekli hale getirmiştir [24].

Ayrıca Tablo 3.1’de gösterilen sanal laboratuvarların öğrencilere, öğretim elemanlarına ve kurumlara getirdiği faydalar göz önüne alındığında da sanal laboratuvarların gerekliliği ortaya çıkacaktır;

Tablo 3.1. Uzaktan erişimli laboratuvarların sağladığı yararlar [25].

Öğrencilere	Öğretim elemanlarına	Kuruma
- Daha ileri seviyede deneyler gerçekleştirebilme fırsatı, - Özellikle kampüse gelme olanağı olmayan öğrencilere asenkron deney yapabilme imkânı, - Kendi kendine öğrenmeye teşvik etmesi, -Geribildirimlerle öz değerlendirme imkânı sunması.	- Ders sunumlarına uzaktan deneyler ve konuyla ilgili açıklamalar dâhil etme imkânı tanınması, - Deney yapımlarını ve öğrenci performansını uzaktan takip edebilme ve gözlemlene olanağı vermesi. -Yeni deneyler oluşturabilme esnekliği kazandırması.	- Deneysel imkânlarla uzaktan eğitimi daha cazip hale getirme olanağı sunması, - Laboratuvarlarda sınıf çizelgeleri, donanım giderleri ve personel konusundaki zorlukların azaltılması imkânı vermesi, - Uygun bir tarama ve güvenli bir deney ortamı oluşturulması, böylece öğrenci kazaları ve donanım hasarlarının önlenmesi.

3.3. Sanal Laboratuvar ile Klasik Laboratuvarların Karşılaştırılması

Sanal laboratuvarlar ve klasik laboratuvarları kıyaslarken her iki laboratuvar türünün getirmiş olduğu olumlu ve olumsuz yönleri bir arada vermek yerinde olacaktır.

Klasik laboratuvarlarda;

1. Öğrencilerin her zaman erişmesi mümkün olmayabilir.
2. Öğrenci gruplarının çalışabileceği malzeme sayısı sınırlıdır.
3. Deneyleri tekrar etme olanağı azdır.
4. Elektrik çarpmaları, yaralanmalar gibi iş kazalarının yaşanma oranı yüksektir.

5. Öğrencilerin dikkatsizlikleri sonucu deney setlerine gelebilecek zararlar hem öğrencilerin kullanabilecekleri malzemenin kısıtlanmasına hem de kurumun maddi olarak zarara uğramasına sebep olur.
6. Özellikle öğrenci yoğunluğunun fazla, öğretim elemanının az olduğu ortamlarda öğrencilerle yeteri kadar işlgilenme olanağının bulunmamasından ya da öğrencilerin deney öncesi bilgilendirmelere yeterince dikkat etmemesinden kaynaklı yanlış tecrübe edinimi olasıdır.
7. İş birliği, takım halinde çalışma yetilerinden eksik olan öğrencilerin ders içi sürtüşmelere sebebiyet vermesi ve eğitimin bundan olumsuz etkilenecek aksaması olasıdır.
8. Ders eğitici ile etkileşimin bire bir oluşu öğrenme kalitesini artırıcı etki taşır.
9. Kullanılacak cihazların benzetimi yerine, gerçeklerinin kullanılması edinilen tecrübeleri hayata geçirmedi daha etkili olabilmektedir.

Sanal Laboratuvarlarda;

1. Asenkron erişim söz konusudur. Öğrenciler istedikleri zaman istedikleri yerde istedikleri deneye erişme serbestisine sahiptirler. Yani zamandan ve mekândan bağımsız oluşu öğrencilere her yerde eğitim fırsatını sunar.
2. Öğrenciler, deneyler için birebir oluşturulmuş benzetimler aracılığıyla istedikleri kadar malzemeye istedikleri kadar deney gerçekleştirirler. Yani deneyleri tekrar ederek pekiştirme olanağı fazladır.
3. Deneyleri yaparken meydana gelebilecek iş kazaları sıfırlanmıştır. Çünkü öğrenciler gerçek makinelerle değil, onların birebir benzetimleri ile çalışırlar.
4. Maliyeti yüksek ve küçük bir dikkatsizlik sonucu bozulabilecek deney setlerinin zarar görmesi, sanal laboratuvarlarda kullanılan yazılım teknolojileri sayesinde ortadan kaldırılmıştır.
5. Sanal laboratuvarlar, öğrencilerin gerçek cihazlarla deneye geçmeden önce hazırlık yapma düzeyini artırır ve gerçek deneyler sırasında oluşabilecek hataları en aza indirir.

6. Öğrencilere bireysel çalışma becerisi kazandırır; ancak kişinin bireysel çalışma becerisinden yoksun oluşu kişiyi istenen amaca götürmeyebilir.
7. Ders eğiticiler ile iletişimin tartışma forumları, anlık görüşmeler, elektronik posta gibi araçlara dayanması, soruların ya da öğrenciler tarafından aktarılan gözlemlerin doğru şekilde değerlendirmesi için eğitime yeterince zaman bırakır. Ancak eğitimin yüz yüze olmayışı etkileşim oranının düşmesine sebebiyet verebilir.

Yukarıda belirtilen sanal laboratuvar ve klasik laboratuvarların avantaj ve dezavantajları göz önüne alındığında sanal laboratuvarlar; kişilerin, bütçeleri klasik laboratuvarları kurmaya yeterli olmayan veya gelişen yeni düzenekleri bünyelerinde bulundurma olanağı bulamayan kurumlar için, klasik laboratuvar ve düzeneklere sanal ortamda ulaşma olanağına sahip olmalarına, gerekli laboratuvar ortamına sahip olan kurumlarda güvenlik nedeniyle, öncelikle sanal ortamda çalışmaları doğru bir şekilde yapıp daha sonra gerçek deney düzeneklerinde yapılacak pratik çalışmalara geçişinde yardımcı olacaktır [26].

3.4. Sanal Laboratuvar Türleri

Bir sanal laboratuvar programı oluşturulmaya başlanmadan önce programın kullanım amaçları doğrultusunda nasıl çalışacağını belirleyen uygun bir senaryonun olması gerekmektedir. Bu senaryo doğrultusunda, sanal laboratuvar programlarını üç grupta toplayabiliriz:

- Gösteri Modlu Sanal Laboratuvar Programları: Programın kendi içeriğinde olan ve kullanıcıya oldukça kısıtlı imkânlar sunan senaryolar hazırlanmıştır. Programın belirli kalıpları (modları) vardır ve kullanıcının istediği değerleri girip istediği şekilde deney yapması kısıtlanmaktadır. Hazırlanması diğer seçeneklere göre en kolay olan programlardır.
- DeneySEL Modlu Sanal Laboratuvar Programları: Kullanıcının tercihleri doğrultusunda işleyişine devam eden senaryolarla hazırlanmıştır. Burada tüm kontrol kullanıcıdadır. İstediği nesneleri seçip, istediği şekilde deney yapabilmekte ve sonuçları analiz edebilmektedir. Oluşturulması en zor olan programlardır.

- İşbirlikçi Modlu Sanal Laboratuvar Programları: Bilgisayar ve kullanıcı eşit sayılabilecek şekilde programı kontrol etme imkânına sahiptir. Program, belirli seçenekler doğrultusunda işleyişini düzenlemektedir. Kullanıcı, deneysel modlu programlar kadar bağımsız değildir [28, 31] .

3.5. Sanal Laboratuvarların Tasarım Kriterleri

Sanal laboratuvarlar, kullanıcıyı memnun edebilecek güçlü sunuma sahip olmalıdır. İçerik sade ve anlaşılır olmalı, yanlış anlaşılmalara neden olmamalıdır. Konu, hedefleri dışında başka yönler kaymamalıdır. Ayrıca sanal laboratuvar kullanıcıları, aşağıda belirtilen üç özelliğe sahip olmalıdır [28, 29]:

1. İsteddiği nesneyi sürükleyerek taşıma, modelleri işaretleyerek ve kontrol panellerine basarak yönlendirme yapabilmelidir.
2. Modelleri döndürebilme ve animasyonları istediği şekilde oynatabilmelidir.
3. Metin panelleri, ses ve video iletişimiyle konuşabilmeli ve sanal bir projekte sunumları istediği zaman, defalarca kez izleyebilmelidir [28, 30].

Bir sanal laboratuvar programında öğrenciler; deney araçlarını şekillerinden tanıyarak seçebilme, fare kullanarak çalışma ortamına yerleştirebilme, bağlantıları değiştirebilme, nesneleri ve bağlantıları yok etme veya tamamıyla farklı bir noktadan baştan oluşturabilme özelliklerine sahip olmalıdır. Öğrenciler oluşturdukları modülleri test edebilmeli ve deney araçlarının özelliklerini değiştirebilmelidir. Ayrıca değişim için seçilen bağlantılar ve deney araçları farklı renge dönüşebilmelidir [28, 30].

Ayrıca sanal laboratuvarlar için iyi tasarlanmış benzetimler, genel tasarım formları içinde metin, test, canlandırma, seslendirme, alıştırma, uygulama gibi pek çok tasarım seçeneğine olanak tanır; yaparak, yaşayarak öğrenmeyi sağlarlar [32]. Anlatılması ve gözlenmesi zor, hatta imkânsız olan bazı olayların öğrenciye aktarılmasında, önemli imkânlar sunar. Benzetimlerle oluşturulacak sanal laboratuvar uygulamaları, öğrencilerin deneme yanılma yoluyla öğrenmelerini sağlar. Bu da öğrencileri, problem karşısında mevcut çözüm yollarını araştırmaları için cesaretlendirir. Bu yöntemle istedikleri kadar tekrar yapabilme imkânına sahip olurlar. Ayrıca zamandan ve mekândan bağımsız olarak, her zaman inceleme olanağına sahip olurlar [33].

3.6. Sanal Laboratuvar Oluşturulurken Kullanılan Teknolojiler

Sanal laboratuvarlar oluşturulurken kullanılan teknolojileri aşağıda verilen başlıklar altında toparlayabiliriz:

- Web3D Teknolojileri
- Benzetim, Animasyon ve Grafik Teknolojileri
- Yüksek Seviyeli Programlama Dilleri

3.6.1. Web3D Teknolojileri

Gerçek dünyanın üç boyutlu olması, bilgisayarlarda sanal gerçeklikler oluşturulurken de üç boyut kullanım gereksinimini ortaya çıkarmıştır. Üç boyutlu görüntüler kullanılarak oluşturulan tasarım, gerçeğe yakın olduğundan daha fazla ilgi çekmektedir. Web siteleri genelde metinler, resimler ve vektörsel grafik teknolojileri yardımıyla gerçekleştirilmiş olan iki boyutlu çizim ve animasyonlardan oluşmaktadır. Web tasarımcıları üç boyut sayesinde, ulaşmak istedikleri görselliği, gerçeğe daha yakın bir şekilde sunabileceklerdir. Böylelikle bu modellemeler iş, eğitim, sanat, tasarım gibi pek çok farklı alanlarda kullanılır. Web3D deyimini, ilk olarak 1998 yılında kullanılmıştır ve genel olarak internet üzerindeki üç boyutlu grafikleri ifade etmektedir [34].

Web3D,

- Web üzerinde kullanılan üç boyutlu grafikleri,
- İnternet üzerinde üç boyutlu grafik yazılımları geliştirmede ve üç boyutlu içerikleri sunmada kullanılan programlama dillerini ve teknolojileri,
- Üç boyutlu içerikleri tutmada kullanılan dosya biçimlerini ve daha fazlasını içermektedir [34].

Web3D'nin eğitimsel uygulamaları üzerinde odaklanılması bu süreçte zaruridir.

Hayat boyu öğrenme kapsamında yapılan çalışmalar çerçevesinde, uzaktan eğitimde 3D sayısal standart modeli geliştirilerek Web3D temelli çözümler etkili bir şekilde kullanılabilir [4].

Böylece;

- 3D ile Karmaşık Sistemlerin Modellenmesi: Web3D teknolojilerinin birçok açıdan incelenmesi ve değerlendirilmesi için yüksek kalitede etkileşim ve görsellik sağlanma yeteneği kazandırır.
- Yüksek Seviyede Etkileşim: Çoğu insan 3D tasarım yaparak daha hızlı öğrenir ve web3D diğer bilgisayar tabanlı sistemlerden daha fazla etkileşimlidir.
- Her yerde, her zaman, tek başına: Günün 24 saatinde, yüksek ve güvenli ağ bağlantısı, hızlı kişisel bilgisayarlar sayesinde zaman ve mekândan bağımsız bir eğitim fırsatı sunar. Çalışanlar uygulamalara evde ya da işte erişebilirler [45].

Web3D kapsamında kullanılan yaygın teknolojiler şunlardır:

- VRML
- X3D
- Java, Java 3D,
- OpenGL
- Open Inventor
- Direct3D

3.6.1.1. VRML

VRML, ilk ciddi web3D teknolojisidir ve 1994 yılından bu yana en çok kullanılan teknolojilerden birisidir. ISO (International Standards Organization) tarafından uluslararası standart olarak kabul edilmiştir. VRML, etkileşimli üç boyutlu nesne ve ortamları tanımlamayı sağlayan basit metinsel bir dildir. VRML dosyalarının uzantısı wrl'dir. Üç sürümü ortaya çıkmıştır:

- VRML 1.0
- VRML 2.0 ve VRML 97
- X3D

VRML 97, VRML 2.0'ın ISO standartlarına göre düzenlenmiş şeklidir. VRML-NG yani X3D, 1999 yılında, üç boyutu her ortama taşıma çabaları sonucunda ortaya çıkmıştır. VRML ile nesnelere değişik maddesel nitelikler verilebilir.

Yansıtıcılık, saydamlık, parlaklık gibi birçok özelliği tanımlar. Gruplandırma özellikleri yardımı ile sandalye gibi birlikte hareket eden bileşik nesneler oluşturulmasını sağlar. Animasyon özellikleri gelişmiştir. Animasyon, bir şeylerin zamana bağlı olarak değişmesidir: VRML’de, konum değişimi (arabanın sürülmesi), açı değişimi (uçanın kalkışı) ve renk değişimi (mevsimin değişmesi) ile animasyonlar hazırlanabilmektedir [35].

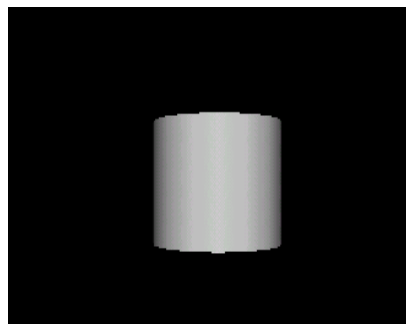
VRML’nin avantajları:

- Basit simülasyon ve etkileşimli grafik işlemleri kolaylıkla oluşturulabilmektedir.
- VRML kodu, genelde Java’ya göre daha kısadır.
- Sadece grafik alanına özel olması bir avantajdır [35].
- Bir ISO standardıdır.

VRML’nin dezavantajları;

- VRML web tarayıcılarına VRML plug-in gerektirmektedir.
- Arkasında yeterli genel programlama dili desteği olmadığından, karmaşık işlemlerin yapılması zordur.
- Görüntüler çok gerçekçi değildir [35].

Şekil 3.1’de görülen silindiri oluşturan basit bir VRML dosyasının yapısı aşağıdaki gibidir. Etkileşimli bir silindir oluşturmak için başka kod yazmaya ihtiyaç yoktur:



Şekil 3.1. VRML ile oluşturulmuş bir silindir [34].

```
#VRML V2.0 utf8
```

```
# A Cylinder
```

```
Shape { appearance Appearance
```

```
{ material Material { } }
```

```
geometry Cylinder { height 2.0 radius 1.5 } }
```

3.6.1.2. Java 3D

Java 3D, Java’da üç boyutlu ve etkileşimli grafik uygulamaları ve üç boyutlu etkileşimli grafikler içeren “applet’ler” geliştirmek için kullanılan yüksek düzeyli uygulama geliştirme ara yüzüdür (API). Java’nın platform bağımsızlığı gibi bütün özelliklerini taşımaktadır [34, 36].

Java, programlama diline üç boyutlu grafiklerin eklenmesini sağlar [34].

Java 3D, üç boyutlu grafiklerin görüntülenebilmesini sağlayan bir Java eklentisidir. Java 3D ile yazılan programlar, bilgisayar ve internet üzerinde birkaç farklı şekilde çalıştırılabilir. Java 3D sınıf kütüphanesi diğer grafik kütüphanelerine daha kolay bir ara yüz sağlar; fakat iyi oyunlar ve animasyonlar üretmek için gereken yeterliliğe sahip değildir [37].

Bir Java 3D uygulamasını veya applet’i derlemek için javac (java compiler) ve çalıştırmak için java yorumlayıcısı (java, appletviewer veya Internet Explorer, Netscape gibi bir web tarayıcısı) yeterlidir. Normal Java programlarının derlenmesi ve işletilmesinden hiçbir farkı yoktur [34].

Java 3D,

- Üç boyutlu sanal geometrik nesneler tanımlamayı, sahneye eklemeyi, çıkarmayı ve gruplandırma işlemlerini kolaylaştıran bir altyapı sunmaktadır.
- Üç boyutlu dönüşüm, etkileşim ve animasyon işlemlerini kolaylaştırmaktadır.
- Nesne niteliklerinin belirlenmesini ve değiştirilmesini, aydınlatma ve sis etkileri verilmesini ve desen kaplamayı kolaylaştırmaktadır [34].

Java 3D, yüksek düzeyli bir API’dir. Bu şekilde üç boyutlu grafiksel programlama tabanını yükseltmektedir. Yazılım geliştiricilerin, 3B nesneler (köşeler değil) düzeyinde ve sadece 3B içeriği (görüntüleme ve kaplama işlemini değil) düşünmelerini sağlamaktadır. Java 3D’nin en önemli uygulama alanları şu şekilde belirtilebilir [34]:

- Bilimsel Görselleştirme
- Eğitim
- Bilgisayar Destekli Tasarım ve Animasyon

Fare yardımıyla etkileşimli olarak hareket ettirilebilen üç boyutlu bir küp oluşturan basit bir Java 3D programının yazılması için bir küp nesnesinin, Java 3D tarafından doğrudan ekrana çizilen görüntü ağacına (scene graph) hazır komutlarla eklenmesi yeterlidir. Ancak, bu kod dışında Java ve Java 3D programlarına özel standart epey bir

kodun da yazılma gerekliliği, deneyimli olmayan grafik yazılım geliştiricileri için bir problemdir. Önceden görüntü ağacını çizmek, çok karmaşık nesnelerin oluşturulmasını kolaylaştırmaktadır [34].

Örnek: Java 3D’de gömülü komutlarla küp ekleme

- **Dönüşüm grubu (TG) ekleme**

```
TransformGroup objTrans = new TransformGroup();  
objTrans.setCapability(TransformGroup.ALLOW_TRANSFORM_READ);  
objTrans.setCapability(TransformGroup.ALLOW_TRANSFORM_WRITE);  
objRoot.addChild(objTrans);
```

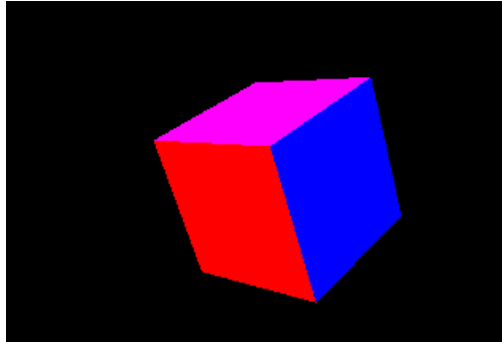
- **Renkli bir küp ekleme**

```
objTrans.addChild(new ColorCube(0.4));
```

- **Etkileşim ekleme**

```
MouseRotate behavior1 = new MouseRotate();  
behavior1.setTransformGroup(objTrans);  
objTrans.addChild(behavior1);
```

Program çalıştırıldığında oluşan ekran görüntüsü Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Java 3D küp pencere görüntüsü [34].

Java 3D kullanımının avantajları;

- Arkasında Java desteği ve altyapısı olması Java 3D’yi çok güçlü yapmaktadır.
- Yükleyiciler yardımı ile alınan üç boyutlu modellerin programlama dili ile kullanılabilmesini sağlamaktadır.
- Grafik kartlarının performansından yararlanması gerçekçi etkileşim sağlamaktadır.
- 3B grafiksel içerikli yazılım geliştirmede kaliteyi artırmakta, yazılım geliştirme sürecini hızlandırıp kolaylaştırmakta ve yazılım maliyetlerini düşürmektedir.

- Web’e kısa sürede etkileşimli 3B basit içerikler eklemeyi sağlamaktadır. Dönüşüm işlemleri, renklendirme, aydınlatma, maddesel nitelikler verme, desen kaplama ve gelişmiş animasyon gibi özellikleri ile gerçekçiliği sağlamaktadır [34].

3.6.1.3. JAVA

Java™ platformu bilgisayar ağının varlığı da göz önüne alınarak uygulamaların/programların farklı işletim sistemleri üzerinde çalıştırılabilmesi düşüncesiyle geliştirilmiş bir teknolojidir. Java teknolojisi kullanılarak aynı uygulama farklı ortamlarda çalıştırılabilir. Örneğin; kişisel bilgisayarlarda, Macintosh bilgisayarlarda, üstelik cep telefonlarında aynı uygulamayı çalıştırmak mümkündür. “Bir kez yaz, her yerde kullan” mantığına dayanır. Java™ platformu hem programlama dili, hem de bir ortam olarak düşünülebilir. Programlama dili olarak, açık kodlu, nesneye yönelik (object-oriented), güvenli, sağlam, internet için elverişli bir teknolojidir denilebilir. Ortam olarak da orta katman (middleware) teknolojiler bulmak mümkündür. Gerek Java programlama dili, gerekse bu dile bağlı alt teknolojiler, VB™ veya Borland Delphi™ gibi sadece belirli bir firma tarafından geliştirilmiş ürünler değildir. Java ve bu dile bağlı alt teknolojiler, Sun Micro Systems tarafından tanımlanmış belirtilimlerden (specifications) oluşmaktadır. Bu belirtilimlere sadık kalan her yazılım firması Java Sanal Makinası, kısaca JVM (Java Virtual Machine) veya Java programlama diline bağlı alt teknolojiler yazabilir [38].

Java programlama dili, şu anda dünyadaki en popüler programlama dillerinden biridir. Java SUN bilgisayar şirketince orijinal olarak elektrikli ev araçlarının (mikrodalga fırınları, buzdolapları, televizyonlar, uzaktan kumanda cihazları vs.) birbiriyle haberleşmesini sağlamayı amaçlayan bir proje içerisinde 1991 yılında geliştirilmeye başlanmıştır. Orijinal adı bu dilin yaratıcıları James Gosling, Patrick Naughton, Chis Wartdh, Ed Frank ve Mike Sheridan tarafından Oak olarak konulan programlama dili daha sonra bu isimde başka bir programlama dili olduğu keşfedilince, o anda bir kahvehanede kahve içen programlama gurubu tarafından kahve markasından esinlenerek Java olarak değiştirilmiştir [42]. Java bütün hataları bildiren yapısı ve modern bilgisayarın bütün fonksiyonlarına ulaşabilen kütüphaneleriyle, programcıların çok daha kolaylıkla öğrenebileceği bir dildir. Java diliyle:

- GUI (Grafiksel Kullanıcı Arayüzü) uygulamaları, Applet’ler
- Veri tabanına erişimle ilgili uygulamalar

- Servlet, Jsp (Web tabanlı uygulamalar).
- Dağıtık bileşenler (Distributed components) (Örneğin; EJB, RMI, CORBA).
- Cep telefonları, Smart kartlar için uygulamalar yazmak mümkündür [38].

Javanın diğer önemli bir temel özelliği, nesne kökenli (object oriented) bir dil olmasıdır. Nesne kökenli diller, nesneleri gerçek dünyadakine daha benzer bir yapıda tanımlayarak anlaşılmasını kolaylaştırır. Bundan önceki tam nesnel kökenli programlama dillerinden hiçbiri, çok yaygınlık kazanmamıştır. C++ nesnel kökenli programlama yapabilen bir dildir. Fakat yapısal (structural) bir programlama dili olan C dilinin bir uzantısı olarak geliştirildiğinden, tam anlamıyla nesnel kökenli bir dil olduğu söylenemez. Java’da yazılan bir program Unix, Machintosh, Windows 95 veya Windows NT veya herhangi bir 32 bit makinede hiç değiştirilmeden kullanılabilir. Java programlarının grafikleri "world wide web" sayfalarının programlama dili olan html ile aktarılır. Bu yüzden html ve Java programlarını birlikte kullanmak ve Java programlarını gerçek zamanda www sayfalarında göstermek mümkündür. Web sayfasında veya web de yazılmış bir kitap bütün dünyaya aktarılırken, yapılan analizler de bu kitabın dinamik bir parçası olarak sunulabilir [42].

3.6.1.4. X3D

X3D (“Extensible 3D”), hala geliştirilme aşamasında olan, VRML’97 standardını genişleten, web üzerinde 3B etkileşimli dünyalar oluşturmada kullanılmaya başlanan bir web3D standardıdır [45]. Temel özellikleri şunlardır [40]:

- XML (“Extensible Markup Language”) bütünleşiktir: Web servisleri, dağıtık ağlar, uygulama-içi dosya ve veri transferi, cross-platform bileşenlerine dayalıdır. Hafif 3B çalışma zamanı motorunu destekler.
- Genişletilebilirdir: Farklı market ve servisler için işlevlerin bileşenlerle genişletilmesini sağlar.
- Profiller vardır: Uygulamaya özgü genişletmeler ve bileşenler kullanılır.
- Evrimseldir: VRML’97 içeriğini X3D içeriği şeklinde güncellemek ve saklamak kolaydır.
- Geniş uygulama desteği: Mobil telefonlardan süper bilgisayarlara kadar desteklenir.
- Gerçek zamanlı: Grafikler yüksek kalitede, gerçek zamanlı, etkileşimli ve 3B verinin yanında ses ve müzik içerir.

X3D'nin desteklediği özellikler ise şu şekilde listelenebilir:

- **3B Grafikler:** Çokgensel geometri, parametrik geometri, sıradüzensel dönüşümler, ışıklandırma, materyaller, çoklu geçiş/ çoklu-evre desen kaplama, piksel ve köşe gölgelendiriciler, donanım hızlandırma,
- **2B Grafikler:** Uzaysal metin, 2B (iki boyutlu) Vektör grafikler, 2B/ 3B derleme,
- **CAD Verisi:** CAD verilerinin sunum için açık biçime çevrilmesi ve etkileşimli ortam,
- **Canlandırma:** Zamanlı canlandırmalar için zamanlayıcı ve ara değerleyiciler, insansı canlandırma ve biçim değiştirme,
- **Uzaysal Ses ve Görüntü:** Görsel-işitsel (“audiovisual”) kaynakların sahnedeki geometrilere bağlanması,
- **Kullanıcı Etkileşimi:** Fare tabanlı seçmeler ve taşımalar, klavye girdisi,
- **Dolaşım:** Kameralar, 3B sahnede kullanıcı hareketi, çarpışma, yakınlık ve görünürlük bulma,
- **Kullanıcı Tanımlı Nesneler:** Kullanıcı tanımlı nesne tipleri yardımıyla, var olan işlevselliğin genişletilebilmesi,
- **Betimleme:** Programlama ve betimleme yardımıyla sahnenin dinamik olarak değiştirilmesi veya yaratılması,
- **Ağ:** Ağdaki farklı bileşenlerden derlenerek tek bir 3B sahnenin oluşturulması, www üzerindeki diğer nesnelerin bağ yardımıyla kullanılması,
- **Fiziksel Benzetişim:** İnsansı canlandırma, coğrafi-uzaysal veri kümeleri, dağıtık etkileşimli benzetişim (DIS: “Distributed Interactive Simulation”) protokolleriyle bütünleştirme [40].

3.6.1.5. OpenGL

OpenGL, 2 veya 3 boyutlu grafik çizdirmek için kullanılan bir API'dir, bir başka deyişle kitaplıktır. Bu kitaplık yazılım geliştiricilere grafik donanımını yönetme şansı verir.

Bu kitaplık, işletim sisteminden ve işletim sisteminin çalıştığı platformdan bağımsızdır. Nasıl ki ekrana yazı yazmak, kullanıcıdan veri almak ANSI C'de printf() ve scanf() gibi işlevlerle standartlaştırılmış ve hangi işletim sistemine gidilirse gidilsin bu iki işlev aynı işi yapıyorsa, OpenGL kitaplığı da ekrana grafik çizmeyi standartlaştırmıştır. OpenGL sayesinde grafik kartının modeli veya işlemcinin mimarisi gibi donanımsal etkenlerden

bağımsız programlama yapısı. Ayrıca aynı zamanda işletim sisteminden de bağımsız programlama yapısı. Kolay kullanım ve bu "taşınabilirlik" özellikleri yüzünden OpenGL popüler bir araç olmuştur [39].

OpenGL, geliştiriciler için yüksek görsel kalite ve başarımı sağlamaya çalışmaktadır. Etkileşimli ve taşınabilir 2B ve 3B grafik uygulamaları geliştirmek için birincil ortamlardandır. Günümüzde başta oyunlar olmak üzere endüstrinin birçok alanında başarıyla kullanılmaktadır [39]. Geliştiriciler için aşağıdaki avantajları sağlamaktadır:

- Endüstri için bir standarttır.
- Oluşmuş bir belirtimi ve bu belirtim için uygun olarak kararlı bir yapısı vardır.
- Güvenilir ve taşınabilir bir yapıdadır.
- Sürekli evrimleşmektedir, donanım gelişmelerine ayak uydurmaktadır.
- Her türlü donanıma ve ortama ölçeklenebilir.
- Kullanımı kolaydır.

JoGL; OpenGL' nin Java programlama dili tarafından kullanılabilmesi için geliştirilmiştir. Java 3D'nin göremediği ilgiyi görmüştür ve Java 3D'den daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. OpenGL'nin Java nesne yönelimli yaklaşımla, çok iyi bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır [40].

3.6.1.6. Open Inventor

Open Inventor™ interaktif grafik programlama problemlerine çözüm için önerilen, kapsamlı nesne tabanlı bir 3D aracıdır. Bir programlama modeli ile grafik programlamayı basitleştiren çarpıcı bir 3D sahne veritabanında, model tabanlı bir programlama sunar. Open Inventor, 3D programlama yeteneğini ve programlama hızını artıran küpler, çokgenler, metin, malzeme, kameralar, ışıklar gibi zengin bir nesne topluluğu içerir [41]. Open Inventor (aslı IRIS Inventor) SGI tarafından geliştirilmiş olan C++ nesne yönelimli 3B grafik API'sidir. OpenGL için daha yüksek seviyeli programlama sağlamaktadır. Ana amaç programcıya kolaylık ve yüksek verimlilik sağlamaktır [43].

Open Inventor;

- OpenGL ® üzerine inşa edilmiştir.
- 3D veri alışverişi için standart bir dosya tipi tanımlar.
- 3D etkileşim için basit bir olay modeli sunar.
- Nesne seçiminde yüksek performans sağlar.
- Pencere sistemindedir ve platformdan bağımsız çalışır.
- PostScript yazdırmaı destekler.
- Kullanımı zevklidir [41].

3.6.1.7. Direct3D

Microsoft tarafından geliştirilmiştir. Sanal olarak tüm 3B hızlandırıcılar tarafından desteklenmektedir. Ancak sadece Microsoft Windows işletim sistemleri ve Xbox platformlarına özgü bir uygulama geliştirme ara yüzüdür [40].

3.6.2. Benzetim, Animasyon ve Grafik Teknolojileri

Sanal laboratuvarlarda kullanılan simülasyonlar, seçilen uygun teknolojiyle yazılımcı tarafından gerçekleştirilebileceği gibi kullanım kolaylığı sağlaması açısından geliştirilen paket programlar üzerinden de yapılabilir. Bunlardan bazıları şu şekilde sıralanabilir:

- LABVIEW; yüksek performanslı bilimsel ve mühendislik uygulamalarında ölçme ve otomasyon için tasarlanan grafiksel bir geliştirme ortamıdır. Bir ön panel ve blok diyagramı yapısından oluşur.
- EWB; elektrik ve elektronik eleman ve entegrelerini içeren bir paket program olup grafiksel bir ortam sunan başarılı bir benzetim aracıdır.
- CISCO Lab Activity; bilgisayar ağları üzerine dünya çapında kalitesi standart olan CISCO tarafından yapılan uygulamalar, sanal laboratuvar oluşturmak için çok faydalı yazılımlardır.
- PSPICE, VLEM, MathCAD, Ansys, Mathematica ve daha onlarca paket program sanal laboratuvar oluşturmak için kullanılabilecek güçlü programlardır [44].

Mühendislik eğitiminde fizik ve kimya gibi temel derslerde karmaşık deney ortamları üç boyutlu canlandırma yazılımlarıyla gerçekçi biçimde oluşturulabilmektedir [46]. Bunun için kullanılan teknolojilerden bazıları şunlardır:

- **3D Studio Max:** 3DS Max, Autodesk tarafından geliştirilen bir 3D modelleme, görselleştirme ve animasyon programıdır. MS-DOS ortamında çalışan 3D Studio yazılımının devamı olan 3DS Max'ın son sürümü, 2009 yılının Mart ayında çıkan 3DS Max 2010'dur. Gelişmiş eklenti desteği ve kolay kullanımı ile 3DS Max, 3D modelleme yazılımları arasında en yaygın kullanıma sahip uygulamalardan biridir. Gelişmiş karakter modelleme özellikleri ile oyun geliştiricilerinin gözdesi haline gelmiştir. Film özel efektleri, mimari sunumlar ve endüstriyel tasarım sunumları gibi alanlarda da yaygın olarak kullanılmaktadır [47].
- **Maya:** Alias firmasınca uzun yıllar çıkarıldıktan sonra 2006 yılında 7.0 sürümü sonrası Alias firmasına ait diğer tüm yazılım ürünleriyle birlikte Autodesk firmasınca satın alınan komple çözüm sunan bir animasyon paketidir. Tasarım ve görsel efekt iş ve işlemleriyle uğraşan tüm dünya profesyonellerinin tercih ettiği bir yazılım olmasıyla da bilinir. Tercih edilmesinin bir sebebi de, açık script yapısıdır. Profesyoneller, genelde projeye göre hazırladıkları script ve plug-in'leri Maya'nın açık yapısı sayesinde çok kolayca kullanabilmektedirler. Maya için birçok özel şirket ve kişi öğrenimi ve eğitimi alanında da etkileşimli ortamda çalışan multimedya ürünleri geliştirmişlerdir. Yazılım sektöründe, üzerine yeryüzünde en fazla eğitim desteği verilen bir yazılım olması da önemini anlamak açısından önemlidir.
- **Blender:** Blender, birçok bilgisayar mimarisinde çalışabilen ve kendine has bir kullanıcı arabirimine sahip bir yazılımdır. Çalışabildiği ortamlar ise; windows (95, 98, ME, 2000, XP), MacOS/X, Linux (I386 ve PPC), FreeBSD 4.2, Irix 6.5, Solaris 6.8. Blender'in en çok tartışılan kısmı, grafik arabiriminin OpenGL kullanıyor olması ve şu an bu arabirimin ghost isimli bir kütüphane olarak ayrılma projesinin bulunmasıdır. Blender'in en dikkat çekici özelliği ise içinde bir oyun motoru bulunmasıdır. Bu oyun motoru ile yazılmış oyunlar, Blender içinde, web tarayıcısı üzerinde veya işletim sisteminde kendi basına çalıştırabilir [49].
- **Adobe Flash:** Flash yazılımıyla web tarayıcılarında çalıştırılabilir gelişmiş canlandırmalar ve etkileşimli ders içerikleri hazırlanabilmektedir. Günümüzde

internet ortamında en yaygın olarak kullanılan eğitsel içerik hazırlama aracı Flash'dır. Web tarayıcılarının Flash filmlerini oynatabilmeleri için Flash Player isimli bileşenin yüklenmiş olması gerekmektedir [46].

- **AutoCAD:** AutoCAD, Ltd. İsviçre şirketinin 1980'lerin başından beri programların çeşitli sürümleri ile geliştirdiği, tüm dünyada başta mühendisler ve mimarlar tarafından kullanılan, dünyaca tanınan yazılım firması Autodesk tarafından hazırlanan, bilgisayar destekli CAD yazılımıdır. Personal Computer DOS ve Windows tabanında çalışır. DWG ve DXF formatlarını işler. 2 ve 3 boyutlu tasarım yanında, Visual Lisp ve Visual Basic programlama dillerini destekler. Çeşitli branş çözümleri için ek modülleri mevcuttur. AutoCAD, gerek kullanım ve öğrenim kolaylığı, gerekse kullanıcı kitlesinin çok geniş olması, tüm dünyada tartışmasız kullanılan en yaygın çizim yazılımı olmasını sağlamıştır. AutoCAD ile yapılabilecekler hayal gücü ile sınırlıdır. En son 2010 sürümü çıkmıştır [50].

3.6.3. Yüksek Seviyeli Programlama Dilleri

Sanal laboratuvarları tasarlamak için grafik araçlarının yanı sıra yüksek seviyeli programlama dillerine de ihtiyaç duyulur. Çünkü web programcılığı, nesne tabanlı programlama gibi alanlar sanal laboratuvarlardan ayrı düşünülemez. Bu bağlamda günümüzde HTML, ASP, PHP, ROR, AJAX sanal laboratuvarlarda web arayüzü tasarlamak için kullanılan teknolojilerdir. Visual Basic, Visual C++ Builder, Matlab, C#, Borland Delphi sanal laboratuvar oluşturmada, kullanıcı benzetim ilişkisini sağlamak için kullanılan yüksek seviyeli programlama dilleridir. Bahsedilen teknolojilerin bir arada kullanılmasıyla, kaliteli bir laboratuvar ortamı elde edilebilir. Örneğin, 3D Studio Max ile tasarlanan bir modele butonlar, text kutuları gibi araçlarla müdahale edebilmek için belirtilen yüksek seviyeli programlama dillerinden biri kullanılır.

3.7. Sanal Laboratuvarların Uygulama Alanları

Sanal laboratuvar programları, birçok teorik ve deneysel alanda kullanılabilir. Kullanıldığı teorik alanlar; matematik, teorik fen branşları (fizik, kimya, biyoloji) ve mühendislik bilimlerinin teorik alanları olarak sıralanmaktadır. Sanal laboratuvar programlarının kullanıldığı deneysel alanlar ise; deneysel fen branşları (fizik, kimya, biyoloji) ve mühendislik bilimlerinin deneysel alanları olarak belirtilmektedir [28, 31]. Bu tür programlar sadece eğitim kurumlarında değil, başta özel mühendislik firmaların elemanlarını (mühendis, tekniker gibi) eğitmek olmak üzere, tıptan askeri eğitime kadar çalışan birçok kişiyi yetiştirmek amaçlı da kullanılabilir. Ayrıca, sanal laboratuvar programları, deney yapmaya ve keşfe önem veren herkes için uygun olabilmektedir [28].

Sanal laboratuvar programlarının, öğrenim için gerekli koşulları sağlayamayan fiziksel donanımlı laboratuvarların yerine geçebilecek ve öğrenmeyi daha etkili hale getirecek etkili bir yöntem olduğu göz önüne alındığında, akademik dünyada daha fazla yer almaya başlayacaktır. Çünkü gün geçtikçe içeriği daha da fazla gelişmekte, kolay uygulanabilirliği, güvenli oluşu, daha fazla konu içermesi, deney sayısının fazla olması, öğrenciler açısından daha eğlenceli olması ve gerçek bir fizik laboratuvarına göre daha ucuz olması nedeniyle tercih edilmektedir. Ayrıca sanal laboratuvarlar, hem tutorial (özel öğretim) uygulamaları hem de gerçek laboratuvarlarda uygulama yapmadan önce bir ön hazırlık yapmak için de kullanılabilir [28, 30].

Bu tez çalışmasının konusunu oluşturan robotik alanı da sanal laboratuvarların kullanımını gerektirir. Çünkü birçok mühendislik disiplinin birleşiminden meydana gelen robotik alanı anlaşılması zor bir alandır. Üstelik kullanılan malzemelerin maliyeti yüksek, hasar görme ihtimali ise fazladır.

4. ROBOTİK SİSTEMLER

4.1. Robotik ve Robot Kavramlarının Tanımı ve İçeriği

Robotik, makine mühendisliği, bilgisayar mühendisliği ve elektronik mühendisliği dallarının ortak çalışma alanıdır [52]. Robotik fiziksel aktivite ve karar verme gibi uygulamalarla bir görevi yürüterek, insanların yerini alabilecek makinelerle ilgili çalışmaları içerir. Robotik, geleneksel mühendislik sınırlarını kesiştiren yeni bir modern teknoloji alanıdır. Robotların karmaşıklığını ve uygulama alanlarını anlamak, elektrik-elektronik mühendisliği, makine mühendisliği, endüstri mühendisliği, bilgisayar mühendisliği, matematik alanlarında geniş bir bilgi ağı gerektirmektedir [53].

Robot çok yüksek kapasitede çalışan bir insan gibi fakat insana özgü eksikliklerden tamamen arınmış bir makine modelidir [54]. Başka bir ifadeyle robot, bir dizi verilen görev çerçevesinde çeşitli programlanmış hareketler ile materyalleri, parçaları, aletleri veya özel donanımları hareket ettirmek için tasarlanmış programlanabilir çok işlevli bir manipülatördür [53].

Robotlar; insanlar için tehlikeli sayılabilecek yerlerde kullanılabilirler. Örneğin; uzayda, maden ocaklarında, su altında çalışan robotlar yapılmıştır. İnsan sağlığı için tehlike arz eden radyoaktif madde, zehirli kimyasal bileşikler, hastalık yapıcı bakterilerin bulunduğu alanlarda da robotlar yararlı olabilirler [54].

4.2. Robotların Sınıflandırılması

Günümüzde kullanılan robotlar çeşitli sınıflara ayrılabilirler. Bunlar kullanılan eksen takımlarına, tiplerine, kullanılan tahrik elemanının çeşidine vb. göre sınıflandırılabilirler [56].

4.2.1. Robotların Robot Eksenlerine Göre Sınıflandırılması

Bir robot hareketinin kapasitesi, kontrol edilebilmesi mümkün olan eksenlerdeki hareketlerle belirlenir. Sayısal denetimdeki hareketlere çok benzerdir. Endüstriyel robotlar değişik tip ve boyutlarda yapılmaktadırlar. Çeşitli kol hareketlerini yapabilirler ve farklı hareket sistemlerine sahiptirler [56].

4.2.1.1. Robot Hareketinin Eksenleri

Manipülâtörün kendi eksenini veya serbestlik derecesi diye tanımlanan değişik hareketleri vardır. Eğer bir manipülâtör kendi eksenini etrafında dönüyorsa, bu robota “tek eksenli robot” denir. Eğer manipülâtör yukarı ve aşağı doğru hareket ediyorsa, bu robota “çift eksenli robot” denir. Kendi eksenini etrafında dönen ve yukarı aşağı hareket eden manipülâtör, yatay ekseninde ileri – geri hareket de edebilir. Bu robota “üç eksenli robot” denir. Endüstriyel robotlar en az üç eksene sahiptirler. Bu hareketler, kendi eksenini etrafında dönmesi, yukarı-aşağı ve ileri-geri hareket edebilmesidir [56].

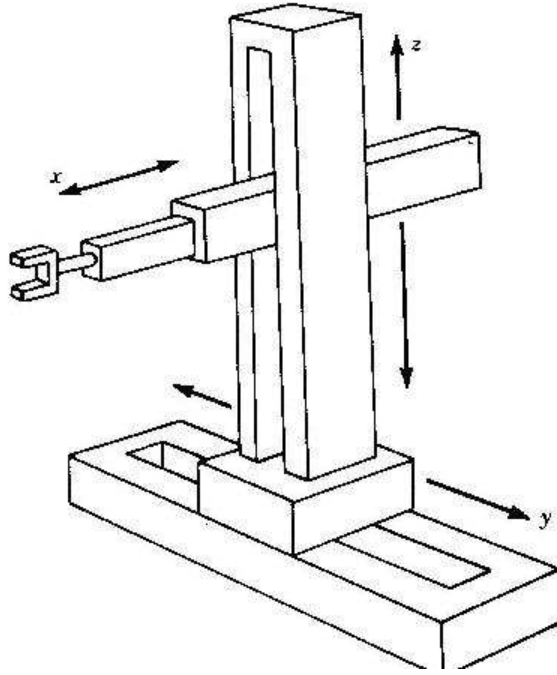
4.2.2. Koordinat Sistemlerine Göre Robotların Sınıflandırılması

Koordinat sistemlerine göre robotlar dört kısımda incelenir:

- Kartezyen koordinat sistemi,
- Silindirik koordinat sistemi,
- Küresel koordinat sistemi,
- Döner koordinat sistemi.

4.2.2.1. Kartezyen Koordinat Sistemi

Bu sistemde robotun bütün hareketleri; birbirlerine karşı dik açılı şekilde olur. Bu konfigürasyon en kısıtlı hareket serbestine sahip robot tasarım şeklidir. Bazı parçaların montajı için gerekli işlemler kartezyen konfigürasyonlu robotlar tarafından yapılır. Bu robot şekli birbirine dik üç eksenle hareket eden kısımlara sahiptir. Hareketli kısımlar X, Y ve Z kartezyen koordinat sistemi eksenlerine paralel hareket ederler. Robot, üç boyutlu dikdörtgen prizması hacmi içindeki noktalara kolunu hareket ettirebilir. Şekil 4.1’de kartezyen koordinat sistemi gösterilmiştir.

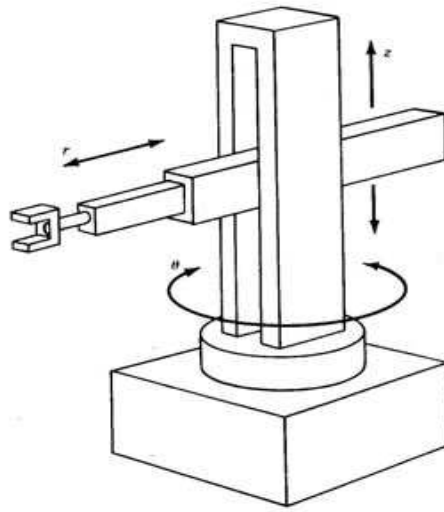


Şekil 4.1. Kartezyen koordinat sistemine ait şematik çizim [56].

Bir kartezyen koordinat sisteminde, koordinat sistem merkezinin yeri, ilk iki bağlantının birleşme yerinin merkezidir. Merkezine doğru yapılan hareketler dışında, merkez hareket etmez, yani robotun merkezi sabittir. Robotun yerleştirildiği çalışma alanında eğer x yönündeki hattı bir kolona doğru çevrilirse, x hattı daima aynı kolona doğru yönelir, robotun programını yaparken döndüğü yönde sorun yoktur. Bunlar verilmiş bir robot donanımı için, yer koordinatları olarak bilinir [54].

4.2.2.2. Silindirik Koordinat Sistemi

Bu tip robotlar, temel bir yatak etrafında dönebilir ve diğer uzuvları taşıyan ana gövdeye sahiptir. Şekil 4.2’de silindirik koordinat sisteminin şematik gösterimi verilmiştir. Hareket düşeyde ve ana gövde eksen kabul edildiğinde radyal olarak sağlanır. Dolayısıyla çalışma hacmi içerisinde robotun erişemeyeceği, ana gövdenin hacmi kadar bir bölge oluşur. Ayrıca genellikle, mekanik özelliklerden dolayı gövde tam olarak 360° dönemez [54].

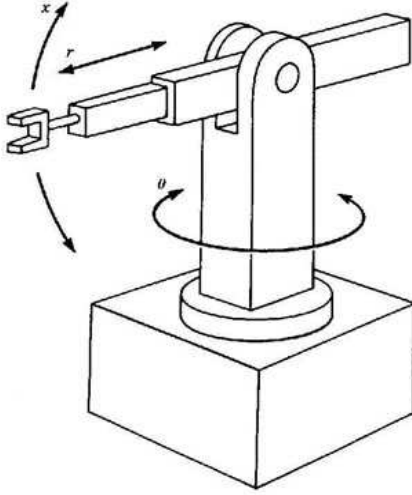


Şekil 4.2. Silindirik koordinat sistemi

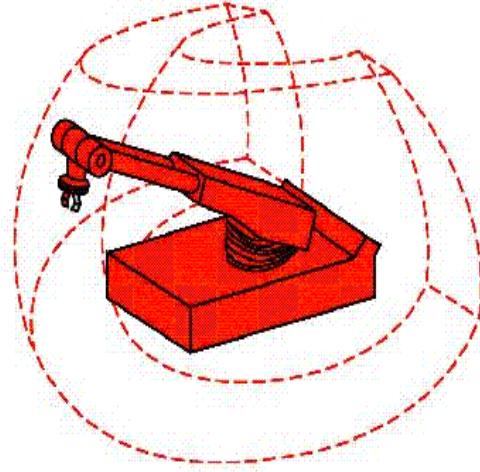
Silindirik koordinatlarda tabana dik eksen etrafında dönme ve bu eksen üzerinde ötelenme yapılırken, bu eksene dik bir eksen de başka bir öteleme hareketi yapılır. Dönme serbestliğindeki mekanik engellerden dolayı teorik olarak silindirik bir çalışma alanı oluşması beklenirken, bazı bölgelerde silindir yapısı tamamlanamaz. Zemine ulaşabilmenin arzu edildiği durumlarda robot kolu zemine açılan bir yuvaya yerleştirilir. Ancak bu durumda da ulaşılabilecek maksimum yükseklik azalır. Radyal hareketten dolayı, silindirik koordinatlı robotlar montaj, kalıpcılık gibi alanlarda kullanılabilir. Bu tip robotlar da programlama açısından fazla karmaşık değildir. Ancak kartezyen koordinatlı robotlarda olduğu gibi kayar elemanların korozyon ve tozlanmadan korunması gerekir [54].

4.2.2.3 Küresel Koordinat Sistemi

Matematiksel olarak küresel koordinat sisteminin iki tane dairesel ve bir de doğrusal eksen olmak üzere üç tane eksen vardır. Şekil 4.3'te küresel koordinat sistemi gösterilmektedir.



Şekil 4.3. Küresel koordinat sistemi [56].



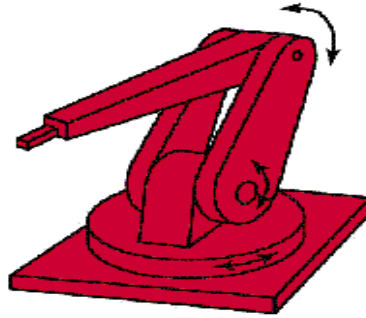
Şekil 4.4. Küresel koordinat sistemli robotun yatay ve düşey hareket alanları [56].

Robotikte küresel koordinat sistemi, en eski koordinat sistemlerinden biridir. Oldukça çok işlevli, birçok uygulama alanına sahip özelliğinin yanında, yapım ve montaj açısından da oldukça kolaylık sağlamaktadır [54].

Şekil 4.3'ten de anlaşıldığı gibi bu robotun temelde iki hareketi mevcuttur. Bunlar yatay ve düşey dönmedir. Üçüncü bir hareket ise doğrusal (uzama kolunun ileri-geri hareketi) harekettir. Doğrusal hareket, aynen kartezyen koordinatlardan herhangi bir koordinatın hareketi gibi davranış gösterir. Kutupsal koordinatlarda çalışan bir robotun çalışma hacmi iki kürenin ara hacminden oluşur. Koldaki uzuvlardan biri doğrusal hareket yaparken, bunu destekleyen diğer uzuvlardan biri tabana dik eksen etrafında, diğeri ise bu eksene dik ve tabana paralel eksen etrafında döner. Ölü bölgeler bu tip robotlarda da vardır. Öteleme hareketi yapan uzvun stroğunun yetersizliğinden dolayı zemine ulaşmak mümkün olmaz. Küresel koordinat robotunun düşey ve yatay çalışma alanı Şekil 4.4'te görüldüğü gibi silindirik koordinat robotuna benzer.

4.2.2.4. Döner Koordinat Sistemi

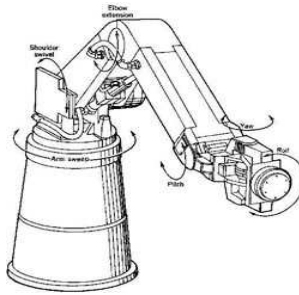
Eğer bir robot herhangi bir iş yaparken, kolu dairesel hareketli bağlamlarla oluşturuyorsa, bu tip robotlara döner koordinat sistemli robotlar denir. Robot kolunun bağlantıları gövde üzerine, etrafında dönecek şekilde monte edilmiştir ve dayanak noktaları birbirine benzeyen iki ayrı bölümü taşır. Dönen parçalar yatay ve dikey monte edilebilir. Şekil 4.5'te döner koordinat sistemi görülmektedir [56].



Şekil 4.5. Döner koordinat sistemli robot eksenleri

4.2.3. Mafsallı Robotlar

Mafsallı robotların dizaynı, insan kolundan esinlenerek yapılmıştır. Kol eklemleri robotlar yeteneklerine göre, insan kolunun yerine getirebileceği görevleri üstlenmek amacıyla yapılmışlardır. Kol eklemleri robotlar insan kollarında olan tüm esnekliğe ve hassasiyete tam olarak sahiptir ve değişik görevlerde insan kolunu taklit eder. Şekil 4.6'da mafsallı robot çizimi verilmiştir [56].

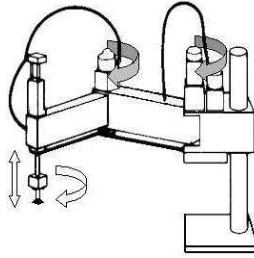


Şekil 4.6. Mafsallı robot

4.2.4 SCARA Tipi Robot

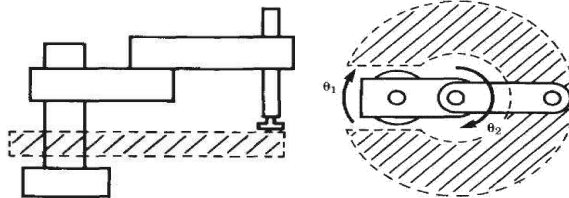
SCARA tipi robotlar, insan kolunu model alan, özellikle kesme, yükleme, montaj ve üretim hatlar gibi sürekliliği gerektiren ortamlarda kullanılan küçük endüstriyel robotlardır. SCARA sözcüğü dilimize 'Seçici Serbest Esnemeli Robot Kolu' (Selectively Compliant Articulated Robot Arm) olarak çevrilmektedir. 1970'den sonra Japon Endüstriyel Konsorsiyumu ve bir grup araştırmacı tarafından Japonya'da Yamanashi Üniversitesi'nde geliştirilmiş olup, montaj hatlarında alıp-yerleştirme, kaynak, boya gibi işlemleri yapması amaçlanmıştır. Oldukça yüksek hıza ve en iyi tekrarlamaya kabiliyetine sahip olan SCARA robot hem dönel hem de silindirik koordinatlara karşılık gelen yatay düzlemde çalışır, buna karşın düşey düzlemde katıdır, esnemez [57]. Şekil 4.7'de SCARA tipi robota ait şematik çizim verilmiştir. Bu robotta üç genel özellik bulunmaktadır [56]:

- Doğruluk
- Yüksek hız
- Kolay montaj



Şekil 4.7. SCARA tipi robota ait şematik çizim

Şekil 4.8'de robot kolu ve robotun çalışma alanına ait çizdiği hacim verilmiştir.

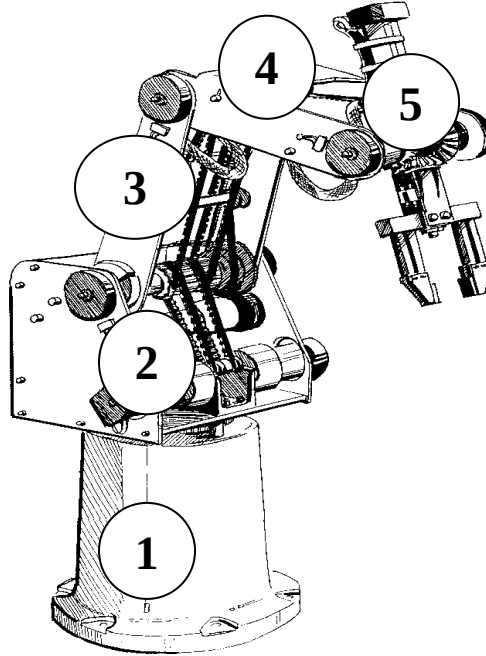


Şekil 4.8. SCARA robotun çalışma alanı

4.2.4.1. SCORBOT-ER V Plus Robot Kolu

Robotik laboratuvar uygulaması için seçilen robot türü, SCORBOT-ER V Plus olduğundan, bu robotun özelliklerine değinmek yerinde olacaktır.

SCORBOT-ER V Plus robot kolu, 5 serbest hareket kabiliyetine sahip bir robot setidir. Robot setinde DC servo tutucu, paralel hareket parmakları, kaba kavrayıcı ve bilgisayarla kontrolünü sağlayan Advanced Terminal Software Version 1.9 yazılımı mevcuttur. Tutucunun maksimum kavrayabileceği mesafe dıştan 75 mm, içten 65 mm'dir. Bu robot, maksimum 1 kg yük kaldırma kapasitesine sahiptir. Maksimum çalışma yarıçapı 610 mm'dir [54]. Şekil 4.9'da SCORBOT-ER V Plus robot kolu gösterilmiştir.



Şekil 4.9. SCORBOT-ER V Plus robot kolu [55].

SCORBOT-ER V Plus, 5 dönme eksenine sahip dikey mafsallı bir robottur. Bağlı bulunan tutucu ile 6 dereceli hareket serbestisine sahiptir [59]. SCORBOT-ER V Plus robot kolunun temel özellikleri Tablo 4.1'de verilmiştir.

Tablo 4.1. SCORBOT-ER V Plus robot kolunun özellikleri [60].

SCORBOT-ER V Plus Özellikleri	
Mekanik Yapı	Dikey mafsallı
Eksen Sayısı	5 eksen artı servo tutucu
Eksen Hareketleri	
Eksen 1: Base (Taban) Dönmesi	310°
Eksen 2: Shoulder (Omuz) Dönmesi	+130° / -35°
Eksen 3: Elbow (Dirsek) Dönmesi	±130°
Eksen 4: Bileğin aşağı ve yukarı hareketi	±130°
Eksen 5: Bilek dönüşü	Mekanik olarak sınırsız; elektriksel olarak ±570°
Maksimum çalışma yarıçapı	610 mm (24.4")
Maksimum tutucu açılımı	75 mm (3") (Dıştan) 65 mm (2.6") (İçten)
Katı yuva	Her eksen üzerinde mikro anahtarlar vasıtasıyla bulunan pozisyon sabittir.
Geribildirim	Her eksen üzerinde optik kodlayıcı
Erişim düzeneği	12V DC servo motor
Motor kapasitesi (eksenler 1–6)	Azami torkta (durgunken)- 15 oz. Azami tork için güç - 70 W
Vites oranları	Motorlar 1, 2, 3: 127.1:1 Motorlar 4, 5: 65.5:1 Motor 6 (tutucu) 19.5:1
Transmisyon	Vitesler, zamanlama kayışı, ana vida
Azami taşıma kapasitesi	1 kg (2.2 lb.), dahili tutucular
Pozisyon tekrarlanabilirliği	TCP (tutucu meyli) de, ±0.5 mm (0.02")
Ağırlık	11.5 kg (25 lb)
Maksimum yol hızı	600 mm/saniye (23.6"/saniye)
Kolu çevreleyen ortamın işlem sıcaklığı	2°–40°C (36°–104°F)

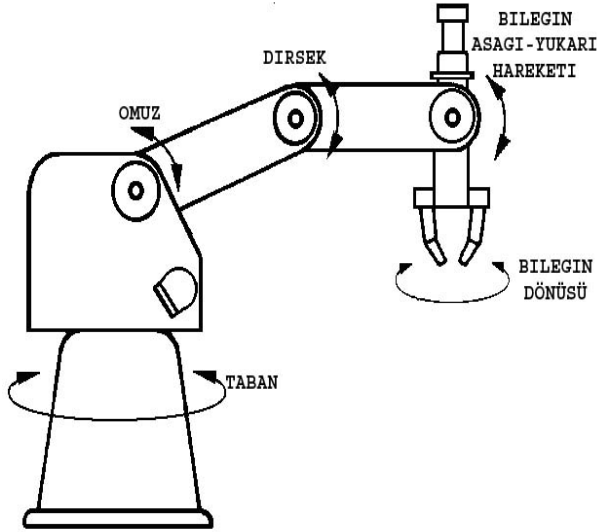
Şekil 4.9’da ve Şekil 4.10’da görülen 5 adet hareket noktası [55]:

- 1) Taban (Base): Robot kolunun oturtulduğu temel silindirdir.
- 2) Omuz (Shoulder): Robot kolu, insan koluna benzetilecek olursa, omuz hareketini sağlamaktadır.
- 3) Dirsek (Elbow): Robot kolu, insan kolu ile kıyaslandığında, dirsek hareketini sağlamaktadır.
- 4) Bilek Aşağı-Yukarı Hareketi (Wrist Pitch): Robot kolu, insan kolundaki bilek hareketini yani aşağı-yukarı yönde hareketini gerçekleştirir.
- 5) Bilek Dönüşü (Wrist Roll): Bilek hareketini, sağ-sol şeklinde gerçekleştirir.

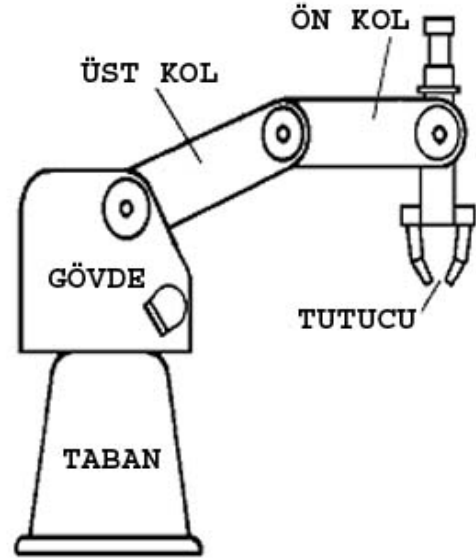
Bu tasarım, tutucunun geniş bir çalışma alanı içinde istenilen şekilde konumlandırılmasına izin verir. Şekil 4.11’de bu mekanik kolun eklemleri tanımlanmıştır. Ayrıca eklemlerin isimleri ve hareketleri Tablo 4.2’de verilmiştir [59].

Tablo 4.2. SCORBOT-ER V Plus robot kolunun eklem ve hareketleri [59].

	Eklem İsmi	Motion	Motor No.
1	Base	Gövdeyi döndürür.	1
2	Shoulder	Üst kolu yükseltir ve alçaltır.	2
3	Elbow	Ön kolu yükseltir ve alçaltır.	3
4	Wrist Pitch	Tutucuyu yükseltir ve alçaltır.	4+5
5	Wrist Roll	Tutucuyu döndürür.	4+5

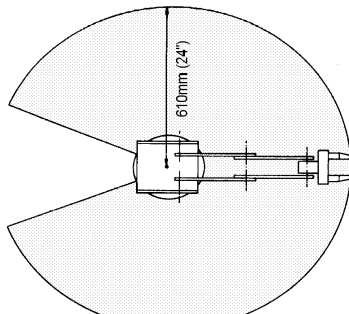


Şekil 4.10. Robot kolu bağlantıları [59].

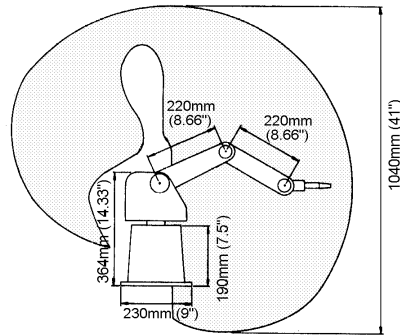


Şekil 4.11. Robot kolu eklemleri [59].

Bağlantıların uzunluğu ve eklemlerin dönüş derecesi robotun çalışma alanını belirler. Şekil 4.12 ve Şekil 4.13, SCORBOT-ER V Plus robot kolunun ebatlarını ve erişebileceği noktaları göstermektedir. Robotun tabanı normal olarak durağan bir çalışma yüzeyine sabitlenir. Geniş bir çalışma sahası içinde sonucun, kayan bir taban ile ilişkili olabilmesi mümkündür [59].

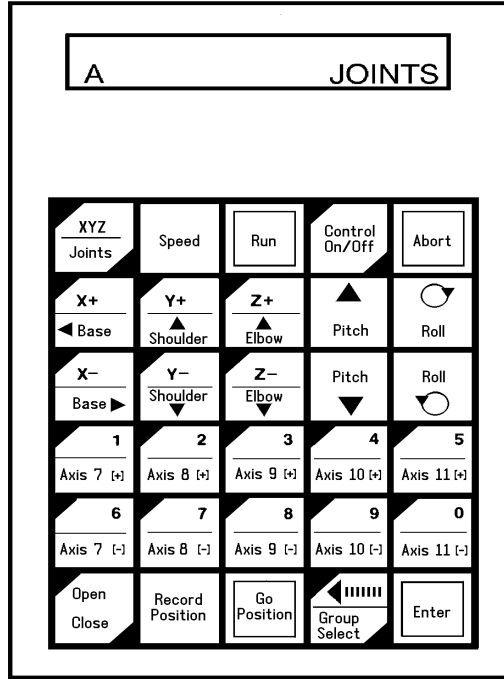


Şekil 4.12. Çalışma alanı (üstten görünüm) [59].



Şekil 4.13. Çalışma alanı (yandan görünüm) [59].

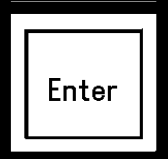
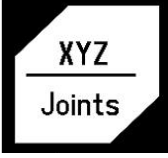
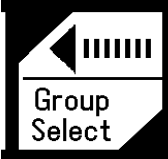
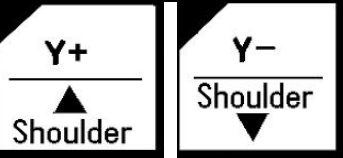
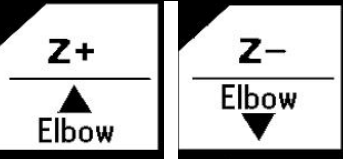
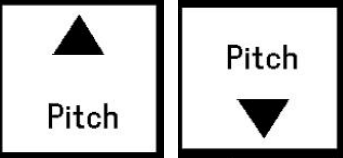
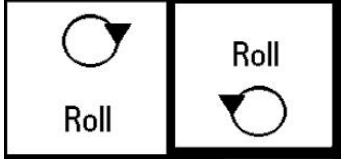
SCORBOT-ER V Plus robot kolu uzaktan kumandalı bir programlama cihazı ile kontrol edilebilir. Bu kumanda opsiyonel bir cihazdır. Robotu ve A kontrolüne bağlı eksenleri kontrol etmek için kullanılan, elde tutulabilir bir uç birim aygıtıdır. Eksenleri hareket ettirme, pozisyonları kaydetme, kayıtlı pozisyonları eksenlere gönderme ve programları aktifleştirme için en pratik kontrolü sunar. Robotun diğer özellikleri ayrıca kumanda üzerinden uygulanabilir. Kontrol kumandasının ekran paneli, 2 satırlı, 32 karakter yazılabilir likit kristal (LCD) ekrandır. Kontrolün o anki durumunu, geçerli kullanıcı komutlarını ve sistem mesajlarını gösterir. Kontrol kumandası, 30 fonksiyonlu tuş takımına sahiptir. Kontrol kumandası üzerindeki birçok kontrol tuşu, robotun programlanmasında kullanılan dil olan, ACL komutlarına denk gelir [59]. Şekil 4.14'te SCORBOT-ER V Plus robot kolunun kontrol kumandasına ait görünüm verilmiştir.

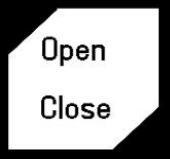
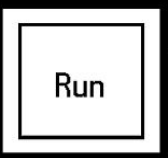
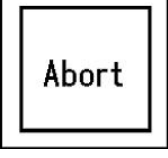
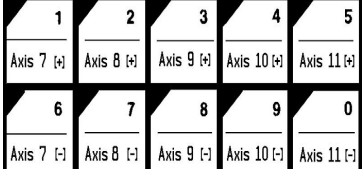


Şekil 4.14. SCORBOT-ER V Plus kontrol kumandası

Kontrol kumandasının klavyesi, 30 adet renk kodlu tuşa sahiptir. Tuşların çoğu çok fonksiyonludur. Örneğin; bazı tuşlar, bir eksen sürücü komutu ve bir sayısal fonksiyonun ikisini birden içerir. Kumanda, tuşlara basıldığında verilen komuttan tuşları tanır. Böylece, sayısal fonksiyon yalnızca, ilk olarak speed (hız), run (çalıştır) ya da move (hareket ettir) tuşlanırsa aktif olacaktır, aksi takdirde eksen sürücü komutu aktif olacaktır [59]. Kontrol kumandasında yer alan tuşların işlevleri Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Kontrol kumandasında yer alan tuş işlevleri [59].

Kontrol Kumandası Tuşu	İşlevi
	Girilen komutları kabul eder ya da uygular. “Run” komutunu takip eden bir programın uygulamasını başlatır.
	Bir geçiş tuşudur. Eklemler ve kartezyenler (XYZ) arasında komut modunu anahtarlar.
	Bir sayısal fonksiyondan sonra kullanıldığı zaman silme tuşu gibi çalışır; son yazılan sayısal girişi iptal eder ve imleci sola doğru, tek yönde hareket ettirir. Özel bir eksen grubunun kumanda ile kontrolünü aktif eder. A grubu, B grubu, C grubu ve daha sonra tekrar A grubu şeklinde devam eden başarılı tuşlamalar yaptırır. Örneğin; C grubu görüntülediği zaman, sayısal tuşlar üzerinden eksen numarası girilir, daha sonra “Enter” tuşuna basılır. “Record Position” ve “Speed” fonksiyonları sadece o an seçili grup için uygulanır.
	Bir geçiş tuşudur. Seçilen grubun kontrolünü aktif ve pasif eder.
	Joint modunda: Base/X tuşları iki yönde taban (base) eksenini hareket ettirir. XYZ modunda: Base/X tuşları tutucuyu X eksen doğrultusunda hareket ettirir, Y ve Z koordinatları değişmez.
	Joint modunda: Shoulder/Y tuşları, omuzu (shoulder) iki yönde hareket ettirir. XYZ modunda: Shoulder/Y tuşları tutucuyu Y eksen doğrultusunda hareket ettirir, X ve Z koordinatları değişmez.
	Joint modunda: Elbow/Z tuşları dirseği (elbow) hareket ettirir. XYZ modunda: Elbow/Z tuşları tutucuyu Z eksen doğrultusunda hareket ettirir, Y ve Z koordinatları değişmez.
	Joint modunda: Pitch tuşları bileği diğer eksenlerde hareket ettirmeden aşağı yukarı hareket ettirir. XYZ modunda: Pitch tuşları, tutucunun pozisyonunu değiştirmeksizin verilen komuta göre hareket açısını değiştirerek üç eksen hareket ettirir.
	Hem Joint hem de XYZ modunda: Roll tuşları tutucuyu her iki yönde hareket ettirir.

	Bir geçiş tuşudur. Tutucu ağızının yüzde yüz açılıp kapanmasını sağlar [55].
	Eksen hareketlerinin hızını ayarlar. Hız, maksimum hızın bir yüzdesi (1-100) olarak tanımlanır. Speed tuşuna basılır. Ekranda geçerli hız görüntülenir. Varsayılan hızı kabul etmek için Enter tuşuna basılır ya da farklı bir hız değeri girmek için sayısal tuşlar kullanılır ve Enter tuşuna basılır.
	Bir pozisyonu tanımlar ve kaydeder. Kontrol kumandasından en fazla beş basamaklı sayısal konum ismi girilebilir. Geçerli aktif grup için tanımlanır ve o gruptaki eksenlerin geçerli değerlerini alır. Record Position tuşuna tıklanır. Sonra en fazla 5 basamaklı konum ismi girilir ve konum koordinatlarını kaydetmek için Enter tuşlanır. Zaten tanımlı olan bir konum ismi kullanılırsa, yeni koordinatlar var olanların üstüne yazılır.
	Eksenleri hedef konuma hareket ettirir. Go Position tuşuna tıklanır. Sonra sayısal rakamlar kullanılarak konum ismi yazılır. Sonra hareketi gerçekleştirmek için Enter tuşuna basılır. Joint modunda: Robot hareketi mafsallardır. XYZ modunda: Robot hareketi doğrusaldır. Eksnlere ana konum bilgilerini göndermek için şu komutlar kullanılır: Go Position 0, A grubunun bütün eksenlerini ana konumuna gönderir. Go Position 00, B grubunun bütün eksenlerini ana konumuna gönderir.
	Bir programı çalıştırır. Run tuşuna basılır. Daha sonra, sayısal tuşlar üzerinde programın tanımlama numarası tuşlanır. Program ismi parantez içinde görüntülenecektir. Sonra programı başlatmak için Enter tuşuna basılır. Kumanda otomatik olarak her kullanıcı programına bir ID numarası atar. ACL komutu olan DIR, programları ve ID numaralarını listeler.
	Bütün çalışan programların uygulamasını durdurur. Robotun ve bütün çevresel eksenlerin çalışmasını durdurur.
	Eksen tuşları tuşları 7 -11 arasındaki eksenlerde her iki yönde hareket eder. Sayısal tuşlar, Speed, Run, Record Position, Go Position, Group Select fonksiyonlarından biri aktif ise faal olur.

5. SCORBOT-ER V PLUS UYGULAMASI

Bu tez çalışmasında, sanal robotik laboratuvarına örnek teşkil etmesi açısından SCORBOT-ER V Plus robot kolunun simülasyonu gerçekleştirilmiştir. Simülasyon için Visual C++ 6.0 derleyicisi ile OpenGL ve GLUT kütüphaneleri kullanılmış, kaplama (texture) işlemlerinde kullanılan görsellerin düzenlenmesi için ise Adobe firmasının Photoshop 7.0 programından faydalanılmıştır. Çalışma gerçekleştirilirken, önce kaynak taraması yapılmış, hazırlanacak çalışmanın özellikleri tanımlanmıştır. Daha sonra kullanılacak teknolojiler seçilerek uygulama gerçekleştirilmiştir.

5.1. OpenGL ve Glut Kütüphanesi

OpenGL, gelişmiş donanım desteğini kullanarak hem iki hem de üç boyutlu grafikleri ekrana çizmek için kullanılan bir grafik uygulama geliştirme arabirimidir [60]. OpenGL bir programlama dili değildir. OpenGL grafik donanımı için tanımlanmış bir yazılım arayüzüdür. Sahneyi ve nasıl görüneceğini belirtmek yerine programcı gerçekte efektlerin görünmesi için gerekli olan basamakları tanımlar. Bu basamaklar bu yüksek girişli API içerisinde bulunan çağrılar barındırır ki bunun için kullanılan 200 den fazla komut ve fonksiyon bulunmaktadır. Bu komutlar nokta, çizgi, poligon gibi temel grafik öğelerini 3 boyutta çizmeye yaramaktadır. İlave olarak OpenGL, ışıklandırma ve gölgeleme, doku kaplama, karıştırma (blending), geçirgenlik, animasyon ve daha birçok özel efekt ve kabiliyete sahiptir. OpenGL içerisinde, pencere yönetimi, kullanıcı girişleri veya dosya girdi/ çıktı işlemlerine dair herhangi bir fonksiyon bulunmaz. Her programlama ortamı bunlar için kendi yordamlarına sahiptir ve bu ortam, çizim işlemlerini OpenGL'ye devretmekle yükümlüdür [62].

OpenGL kullanılarak yazılmış programlar, Win32, MacOS ve X-Window pencere yöneticilerinde sorunsuz çalışırlar. Ada, C, C++, C# (SharpGL adı verilen sınıflar sayesinde), Fortran, Python, Perl ve Java programlama dilleri kullanılarak OpenGL kitaplığından faydalanılabilir [39].

OpenGL platformdan bağımsız olduğu için bazı işlemler bu kitaplık ile yapılamaz. Örneğin kullanıcıdan veri almak, bir pencere çizdirmek gibi işler hep kullanılan pencere yöneticisi ve işletim sistemine bağlıdır. Bu yüzden bir an için OpenGL'in bu durumlarda

platforma bağımlı olduğunu düşünülebilir. Çünkü OpenGL penceresini, her pencere yöneticisinde farklı çizdirecek bir canlandırma programı yazmak demek, her bilgisayarda çalışacak ayrı pencere açma kodu yazmak demektir. Bu ise OpenGL'in doğasına aykırıdır [39]. OpenGL'in bu kısıtlılığını ortadan kaldırmak için GLUT (OpenGL Utility Toolkit) kütüphanesi kullanılır.

GLUT, birçok işletim sistemine aktarılmış bir kitaplıktır. Amacı OpenGL programlarının pencerelerini oluşturmak, klavye ve fareden veri almak gibi ihtiyaçlarını karşılamaktır. GLUT olmadan da OpenGL programlama yapılabilir, örneğin Linux'ta kullanılan X-Window sisteminin kendi işlevleri kullanılarak pencere çizdirilebilir; fakat bu kod sadece X-Window'da çalışır. Kod Windows'a götürülüp derlendiğinde çalışmaz, çünkü Windows'da X-Window işlevleri yoktur [39]. Bu nedenle GLUT kitaplığı kullanılarak klavye ve fare için işletim sisteminden bağımsız giriş/ çıkış işlemleri yapılması sağlanmıştır.

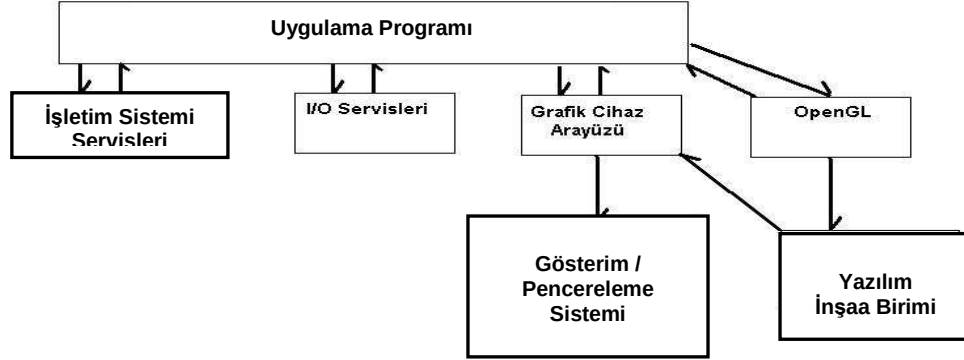
Uygulamanın gerçekleştirimi için OpenGL ve GLUT kütüphanesinin seçilmesinin nedeni, OpenGL ile hazırlanmış uygulamaların her platformda çalışır olması, DirectX gibi kütüphaneler sadece Microsoft'un desteklediği dillerle kullanılabilirken, OpenGL'in hemen hemen bütün programlama dilleri ile kullanılabilir olması ve profesyonel grafiklerde başarılı bir performans sağlamasıdır. Bu yönleriyle günümüzde, oyun programcılığı alanında yaygın olarak tercih edilen bir kütüphane olmuştur. Quake serisi oyunlar, DukeNuke serisi oyunlar vb. OpenGL ve GLUT kütüphaneleri kullanılarak tasarlanmış başarılı uygulamalardır [61]. Şekil 5.1'de OpenGL ile çalışan bir oyun görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.1. OpenGL ile çalışan bir oyundan görüntü [61].

5.2. OpenGL Mimarisi

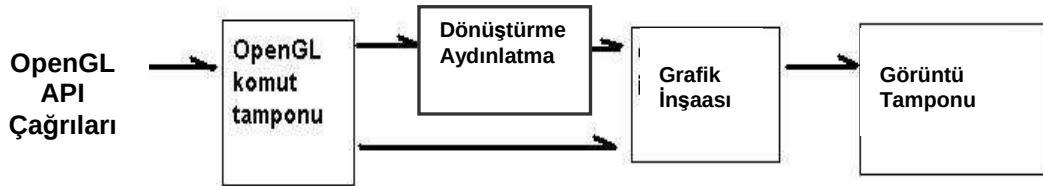
Yazılım bazında rol alan OpenGL mimarisi Şekil 5.2’deki yapıya sahiptir.



Şekil 5.2. OpenGL mimarisi [62].

Tipik bir program birçok çağrıda bulunur. Bunlardan bir kısmı programcı, bir kısmı işletim sistemi ve bir kısmı da programlama dilinin kendi kütüphaneleri tarafından yapılmaktadır. Windows uygulamaları, çıktılarını ekranda göstermek için grafik cihaz arayüzü denilen bir Windows API kullanırlar. Bunlar, pencereye yazılar yazmak, çizgiler çizmek için kullanılır [62].

OpenGL teknolojisinin iki adet çalışma biçimi vardır. Bunlar için OpenGL pipeline yani OpenGL boru hattı tabiri kullanılır. Şekil 5.3’te OpenGL boru hattı yapısı verilmiştir.



Şekil 5.3. OpenGL boru hattı

- Bir uygulama, OpenGL fonksiyon çağrıları yaparken istekler bir komut tamponuna konur. Bu tampon, komutlar, grafik bilgileri, doku bilgileri gibi bilgiler ile dolar. Tampon temizlenince programcı veya grafik sürücüsünün mimarisine bağlı olarak komutlar bir sonraki aşamaya geçerler.
- Grafik bilgileri ilk başta uygun forma dönüştürülüp ışıklandırılır.
- Önceki aşama tamamlandığında, bilgi inşaa bölümüne yüklenir. Geometrik, renk ve doku bilgilerini alınması ve renkli görüntünün oluşması bu aşamada gerçekleştirilir.

- Bundan sonra işlenen görüntü, görüntü tamponuna (frame buffer) gönderilir. Görüntü tamponu aslen ekran kartının hafızasıdır. Görüntü kartının hafıza büyüklüğü, ne kadar faal görüntü karesini tutulabileceği, işlemci gücü ise bunların ne kadar hızlı işlenebileceği anlamına gelmektedir [62].

OpenGL de bir şey çizmek için geometrik ilkelleri (geometric primitives- noktalar, çizgiler ve çokgenler) ve görüntü ilkelleri (resimler, bitmaplar) kullanılır. Daha sonra OpenGL'in durum mekanizması olarak adlandırılan mekanizmaya başvurularak çizilecek objenin renk, madde, ışık kaynağı ve bunun gibi özellikleri ayarlanır ve yönetilir [63].

OpenGL kullanan bir programı, bir işletim sisteminde çalıştırmak için öncelikle, işletim sisteminde programın çalışırken kullanacağı işlevleri içeren kitaplığın bulunması gerekir. Bu kitaplıklara genel olarak runtime-library (çalışma anı-kitaplığı) denir. OpenGL çalışma anı kitaplığı Linux, Unix, Mac OS, OS/2, Windows 95/98/NT/2000, OPENStep ve BeOS işletim sistemlerinde vardır. Windows ailesinde ise standart olarak gelir. Yani OpenGL kullanan bir programı çalıştırmak için üstün bir çaba harcanmaz [39].

5.3. OpenGL Temel Kütüphaneleri ve İşlevleri

OpenGL, JoGL, SharpGL gibi türevleriyle Java ya da diğer programlama dilleriyle kullanılabilmesine rağmen, uygulamalar gerçekleştirilirken yaygın olarak C++ arayüzü tercih edilmektedir. Kodlamaları C++ programlama dilinde gerçekleştirebilmek için ise OpenGL kütüphanelerinin uygulama programlarına dâhil edilmesi gerekmektedir. Bu kütüphaneler [63]:

- **GL** : OpenGL'in platformdan bağımsız “çekirdek” kütüphanesidir.
- **GLU** : Değişik grafik fonksiyonlarını içeren yardımcı kütüphanedir.
- **GLUT/ AUX** : İşletim sisteminin pencereleme sistemi tarafından sağlanan pencerelerin, OpenGL programları tarafından yönetimini sağlayan uygulama aracı (utility toolkit) kütüphaneleridir [63]. GLUT kütüphanesi başlangıç yönetimi, başlangıç olay işleme pencere yönetimi, yerleşim yönetimi, menü yönetimi, callback kayıt yönetimi, renk dizin yönetimi, bilgi alma, yazı oluşturma, geometrik nesne oluşturma gibi önemli fonksiyonları barındırır [68].

5.6. Derleyici Ayarları ve Kütüphanelerin Eklenmesi

Yazılan programların çalışabilmesi için uygun bir derleyici kullanılarak programların derlenmesi gerekmektedir. C++ dili için yaygın olarak Visual C++ 6.0 ve DEV-C++ derleyicileri kullanılır [64].

Visual C++, C++ ile program yazmak üzere donatılmış, görsel yönelimli bir yazılım geliştirme ortamıdır. C++ ya da C dilinde yazılması olası olan her türlü program, Visual C++ ile yazılabilir [65].

Dev C++, GPL (General Public Licence -Genel Kamu Lisansı) altında dağıtılan bir tümleşik geliştirme ortamıdır. Dev C++'nin tüm arabirimi Delphi programlama dili ile geliştirilmiş ve ilk çıktığı zaman oldukça popüler bir yazılım olmuştur. 2005 yılından beri geliştirilmemesine rağmen hala çok sayıda kullanıcı tarafından kullanılmaktadır [66].

Tez çalışmasında kullanılan derleyici Visual C++ 6.0 olduğundan, OpenGL'in bu derleyici ile nasıl kullanıldığına ve bu derleyiciye nasıl dâhil edildiğine değinilmiştir. Microsoft Visual C++ 6.0 derleyici programı edinildikten sonra, sisteme kurulur ve kütüphanelerin bu derleyicinin bulunduğu klasörlere ve sistem klasörlerine kopyalanması işlemleri gerçekleştirilir. Tablo 5.2'de verilen OpenGL kütüphaneleri standart olarak Windows ortamında vardır, herhangi bir işlem gerektirmez; ancak klavye ve fare işlemleri gerçekleştirmemizi sağlayan glut kütüphanesine ait dosyaların, OpenGL'in resmi web sitesi üzerinden edinilmesi ve ilgili klasörlere eklenmesi gerekmektedir.

Tablo 5.2. Kütüphane ve başlıklar [63].

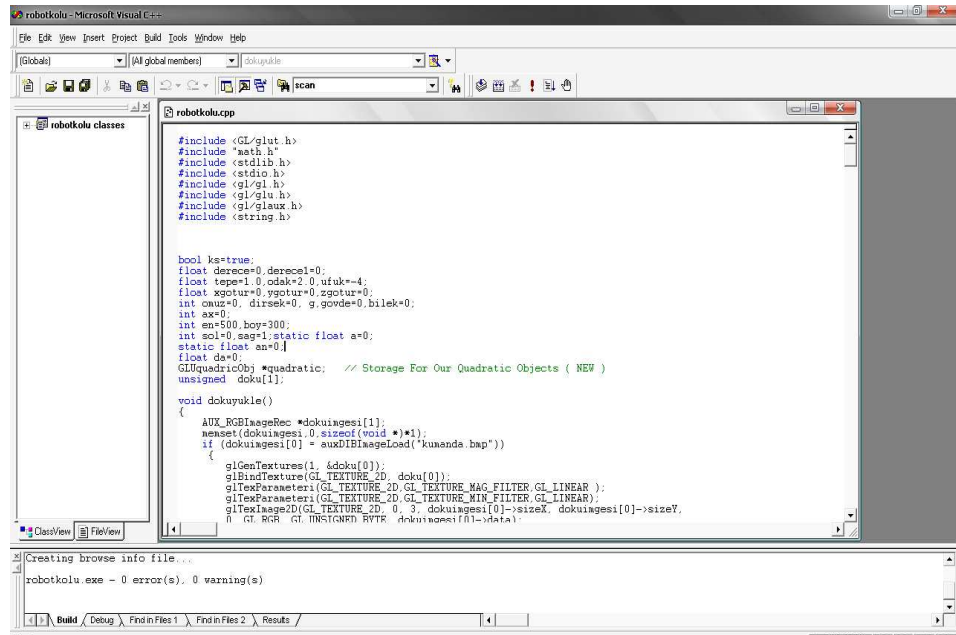
Kütüphane İsmi	Kütüphane Dosyası	Başlık Dosyası	Not
OpenGL	opengl32.lib (Windows) -lgl (Unix)	gl.h	Çekirdek kütüphanedir.
Yardımcı Kütüphane	glu32.lib (Windows) -lglu	glu.h	Birçok aksesuar fonksiyon içerir
Uygulama Araçları (Utility toolkit)	glut32.lib (Windows) glut32.dll (Windows) -lglut (Unix) glaux.lib (Windows) -lglaux (Unix)	glut.h glaux.h	Pencere yönetimini sağlar.

Dosyalar edinildikten sonra:

- glut32.dll dosyası, C:\Windows\System dizinine,
- glut32.lib dosyası, Microsoft Visual C++ 6.0 derleyicisinin bulunduğu dizinin içindeki LIB dizinine,

- glut.h dosyası, yine Microsoft Visual C++ 6.0 derleyicisinin bulunduğu dizinin içindeki INCLUDE\GL dizinine kopyalanır [64].

Uygulama yazmaya başlamak için Microsoft Visual C++ 6.0 derleyicisi çalıştırılır ve açılan pencerenin sol üst köşesinde bulunan “File” menüsünden “New” seçeneği tıklanır. Açılan “New” penceresinin “Project” sekmesinden “Win32 Console Application” seçilir ve aynı penceresinin sağ kısmında bulunan “Project Name” kutusuna proje ismi yazılarak “OK” butonu tuşlanır. Bu işlem sonunda tekrar derleyici sayfası açılır ve yine “File” menüsünden “New” seçeneği tıklanır. Bu kez açılan “New” penceresinin “FILES” sekmesinde “C++ Source File” yazısı seçilip, sağ tarafında bulunan “File Name” kutusuna dosya ismi yazılarak “OK” butonuna tıklanır. Böylece programın yazılabileceği bir metin dosyası açılır. Bu metin dosyasına, program yazıldıktan sonra sıra derleme ve çalıştırma işlemine gelir. Programın derlenebilmesi için komutlarla ilgili kütüphanelerin projeye dâhil edilmesi gerekir. Bunun için “Project” menüsünden “Settings” seçeneği tıklanır ve açılan pencerede “Link” sekmesi altında “Object/ Library modules” alanındaki kütüphaneler arasına, “opengl32.lib, glaux.lib, glut32.lib ve winmm.lib” kütüphaneleri de eklenir. Daha sonra “Build” menüsünden sırasıyla “Compile” ve “Build” komutları verilerek program derlenir ve çalıştırılır [64]. Şekil 5.4’te Visual C++ 6.0 ile yazılmış ve derlenmiş bir programa ait görüntü verilmiştir.



Şekil 5.4. Visual C++ 6.0 çalışma sayfası görüntüsü

5.7. OpenGL Programı Tasarım Aşamaları

Genel olarak herhangi bir OpenGL programı yazılırken şu adımlar takip edilir [63]:

1. GL ve GLUT kütüphaneleri ayarlanır: Pencere açma, görüntüleme modu gibi ayarlar yapılır.
2. OpenGL'i başlangıç durumuna getirme: Arka renk, ışık, bakma konumu ayarlamaları yapılır.
3. Callback fonksiyonlarını kayda geçirme: Render ayarları yapılır, klavye-fare etkileşimi sağlanır.
4. Olay işleme döngüsü: glutMainLoop() fonksiyonu yazılır.

Bir OpenGL programı yazılırken aşağıdaki temel yapı kullanılır [63]. Hazırlanacak programın içeriğine göre uygun kütüphane ve başlıklar eklenir, istenilen fonksiyonlar yazılarak uygulamalar gerçekleştirilir.

```
#include <GL/gl.h>
#include <GL/glu.h>
#include <GL/glut.h>

void main( int argc, char **argv )
{
    ....
}
```

main() ana işlevdir ve tüm program döngüleri bu işlev üzerinden yürütülür. main() fonksiyonu int tipinde argc ve char* tipinde bir argv dizisini argüman olarak alır. Amaç, programa girildiğinde yapılan kontrol, argüman sayısının doğru olup olmadığının kontrolüdür.

#include verilen dosyanın içeriğini, kullanıldığı yerde kaynak dosyasının içine ekler. Çoğunlukla derleyiciye ait komut kütüphanelerinde bulunan fonksiyonların prototiplerinin ve diğer çeşitli tanımlamaların bulunduğu “.h” uzantılı başlık dosyalarının programa dâhil edilmesinde kullanılır [67]. Program kodları, C++ veri yapısına uygun olarak “{ }” blokları arasına yazılır. OpenGL kütüphanesinde ve C++ dilindeki komutlar büyük küçük harf duyarlılığına sahiptir. Bu nedenle komutlar yazılırken bu ayrıma dikkat edilmelidir.

5.8. SCORBOT-ER V Plus Robot Kolu Tasarımı

Bu alt başlıkta hazırlanan robot kolu uygulamasının açıklamasına yer verilmiştir.

5.8.1. Başlangıç: Ana Fonksiyon ve Pencere Yönetimi

Aşağıdaki kod satırları yardımıyla, robot kolu uygulamasının çalışma sayfasına ilgili fonksiyon ve komutları kullanmamızı sağlayacak kütüphane ve başlıklar dâhil edilmiştir.

```
#include <GL/glut.h>
#include "math.h"
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <gl/gl.h>
#include <gl/glu.h>
#include <gl/glaux.h>
#include <string.h>
```

Program içerisinde kullanılan global değişkenler aşağıdaki kodlar yardımıyla tanımlanmıştır.

```
bool ks=true;
GLuint base;
float derece=0,derece1=0;
float tepe=1.0,odak=2.0,ufuk=-4;
int omuz=0, dirsek=0, g,govde=0,bilekp,bilekr=0;
int ax=0, hax,gax=0;
int en=1280,boy=800;
int sol=0,sag=1;static float a=0;
static float an=0;
float da=0;
int hiz=5, deneme=4;
GLUQuadricObj *quadratic; // Storage For Our Quadratic nesne( NEW )
unsigned doku[1];
GLfloat ambientLight[] = { 0.7f, 0.7f, 0.7f, 1.0f };
GLfloat diffuseLight[] = { 0.2f, 0.2f, 0.2f, 0.2f };
GLfloat specular[] = { 0.2f, 0.2f, 0.2f, 0.2f };
GLfloat specref[] = { 0.8f, 0.8f, 0.8f, 0.2f };
```

Bu değişkenler döngüler ve if şartları içerisinde kullanılan; nesne çizimi, robot kolunun, omuz, dirsek ve bilek hareketlerinin sağlanması, doku ekleme (texture) işleminin gerçekleştirilmesi, pencere boyutlarının ayarlanması, perspektif işlemlerinin gerçekleştirilmesi ile ilgili değerleri tutan değişkenlerdir.

Aşağıdaki kod satırı, programın başlatıldığı ana fonksiyondur. Uygulama ile ilgili bütün program döngüleri bu fonksiyon üzerinde yürütülür. Daha önce de belirtildiği gibi main() fonksiyonu int tipinde argc ve char* tipinde bir argv dizisini argüman olarak alır.

```
int main(int argc, char** argv)
{
    glutInit(&argc, argv);
    glutInitDisplayMode (GLUT_DOUBLE | GLUT_RGB | GLUT_DEPTH);
    glutInitWindowSize (en, boy);
    glutInitWindowPosition (0, 0);
    glutCreateWindow ("robot kolu");
    basla();
    glutReshapeFunc(tekrarboyut);
    glutDisplayFunc(cizimyeri);
    glutKeyboardFunc(klavve);
    glutMouseFunc(mouse);
    glutMainLoop();
    return 0;
}
```

```
glutInit(&argc, argv);
```

Yukarıda verilen kod satırı glut kütüphanesine ait bir fonksiyondur ve glut yordamlarını başlatmak için çağırılır [64]. Glut kütüphanesinin dâhil edildiği her programda bu kodun mutlaka kullanılması gerekmektedir.

```
glutInitDisplayMode (GLUT_DOUBLE | GLUT_RGB | GLUT_DEPTH);
```

glutInitDisplayMode() fonksiyonu bir pencere yönetim fonksiyonudur. Pencerenin nasıl bir renk kipine, tek veya çift arabellekli (tampon) olup olmayacağına veya pencereye derinlik sağlanıp sağlanmayacağına dair kararın verildiği komut satırıdır. Bu kod ile çift arabellekli, rgba renk kipinde, derinlik arabellekli bir pencere oluşturulur. Tek veya çift ara bellek ile amaçlanan; tek arabellekte çizim komutları verildiği an pencere üzerinde hemen uygulanır, arkasından başka çizim komutu geldiğinde bellek silinerek yeni çizim yerleştirilir. Bu canlandırma yapılmayan çizimlerde kullanılır. Ancak tek arabellek kullanılır ve canlandırma yapılırsa oluşturulan animasyonda titreşimler oluşur. İşte bu titreşimleri engellemek için canlandırma yapılan çizimlerde çift arabellek kullanılır. Çift ara bellekte birbirini izleyen her bir çerçeve (frame) ayrı bellekte çizilir [64].

Aşağıdaki ana fonksiyonumuzda yer alan pencere yönetimi ile ilgili diğer komut satırları ve işlevleri verilmiştir.

<code>glutInitWindowSize (en, boy);</code>	→ Penceremizi en ve boy değerine göre boyutlandırır.
<code>glutInitWindowPosition (0, 0);</code>	→ Uygulamanın başlayacağı koordinatları verir.
<code>glutCreateWindow("robot kolu");</code>	→ Pencere ismini belirler.

Ana fonksiyonda yer alan `basla()` fonksiyonu, pencerenin arka plan renginin belirlenmesi, çizilecek modelin renklendirme türünün belirlenmesi, derinlik, köşe komutları (`vertex`) yetkilendirmesi ve bir çizim nesnesi oluşturmak için gereken tanımlamaların yapılması adına oluşturulmuş bir fonksiyondur. Bu fonksiyon geriye bir değer göndermez.

```
void basla(void)
{
    glClearColor (0.5, 0.6, 0.5, 0.5);
    glShadeModel (GL_FLAT);
    glEnable(GL_DEPTH_TEST);
    glEnable(GL_LIGHTING);           // Isiklandirmayi ac
    glLightfv(GL_LIGHT0, GL_AMBIENT, ambientLight); // ortam
    glLightfv(GL_LIGHT0, GL_DIFFUSE, diffuseLight); // dağılma
    glLightfv(GL_LIGHT0, GL_SPECULAR, specular); // yansima
    glEnable(GL_LIGHT0);
    glEnable(GL_COLOR_MATERIAL);     // Renk izlemeyi ac
    glColorMaterial(GL_FRONT, GL_AMBIENT_AND_DIFFUSE);
    glEnable(GL_VERTEX_ARRAY); // vertex array işlevini yetkilendiriyoruz
    quadratic = gluNewQuadric(); gluQuadricNormals(quadratic,
    _SMOOTH); gluQuadricTexture(quadratic, GL_TRUE);
}
```

`glutReshapeFunc(tekrarboyut)` fonksiyonu; aşağıda verilen `tekrarboyut()` fonksiyonunu çağırır. Bu fonksiyon, uygulama penceresi yeniden boyutlandırıldığında devreye girerek çizimlerin yeni pencere boyutuna uygun olarak ayarlanmasını sağlar. Bu yordam kullanılmadığı takdirde uygulama penceresi her boyutlandırıldığında çizimlerin görüntüsü bozuk bir hal alır.

```
void tekrarboyut (int en, int boy)
{
    dokuyukle();
    glViewport (0, 0, en, boy);
    glMatrixMode (GL_PROJECTION);
    glLoadIdentity ();
    gluPerspective(80, (float)en/(float)boy, 1.0, 20000.0);
    glMatrixMode (GL_MODELVIEW); glLoadIdentity ();
}
```

5.8.2. Model Çiziminin Gerçekleştirilmesi

Robot kol modelinin ve kumandasının çizim işlemleri ana fonksiyondan çağrılan glutDisplayFunc(cizimyeri) işlevi ile yapılır. Bu işlev, tüm çizim komutlarının uygulandığı bölümdür. Modele ait çizimler çizimyeri() fonksiyonu altından çağrılan yeryuzu(), rmodel(), kumanda() fonksiyonlarında gerçekleştirilmektedir.

```
void cizimyeri(void)
{
    glLoadIdentity();
    glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT|GL_DEPTH_BUFFER_BIT);
    gluLookAt(0.0,tepe,odak , 0.0,0.0,ufuk , 0.0,1.0,0.0);
    yeryuzu();
    kumanda();
    glutSwapBuffers();
}
```

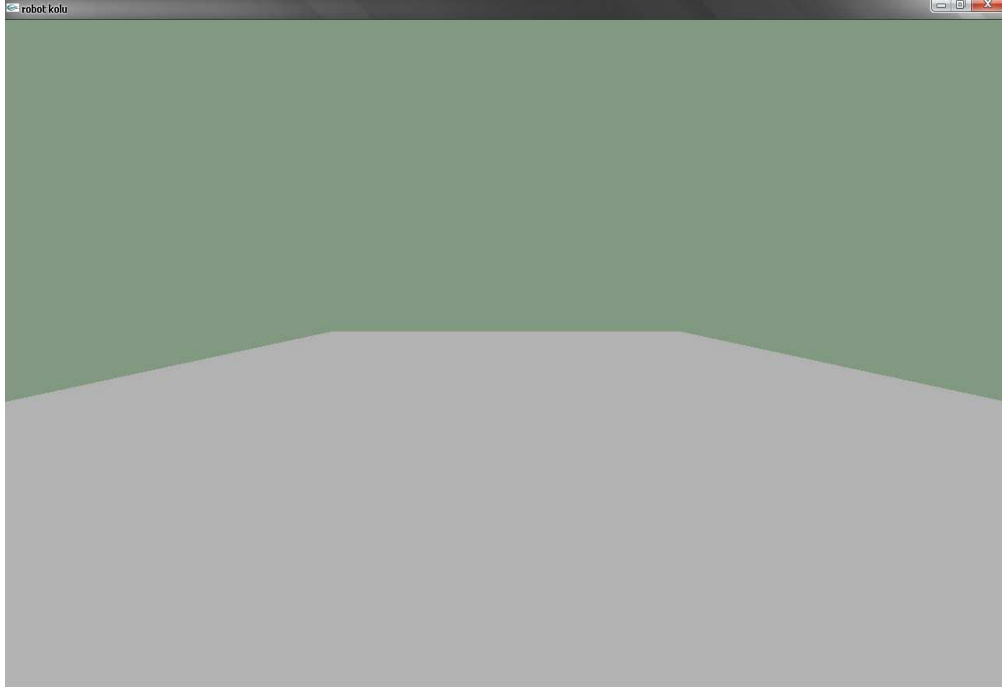
glLoadIdentity() fonksiyonu o anda kullanılan matris değerini sıfırlayarak varsayılan haline döndürür. glClear() fonksiyonu ise belirlenen kriterlere göre penceredeki görüntüleri silmeye yarayan bir yordamdır. Bu yordamı kullanmadaki amacımız, çizimlerin üst üste binmesini engellemektir.

gluLookAt() komut satırı bir nevi kamera işlevi olarak nitelendirilir. Verilen tepe, odak ve ufuk noktalarına göre kameranın nereye odaklanacağı ve modele hangi açıdan bakılacağı belirlenir.

yeryuzu() prosedürü, modelin oturtulacağı ortamın çizildiği fonksiyondur.

```
void yeryuzu(void)
{
    glLoadIdentity(); //kamera odaklama başlangıç
    gluLookAt(0.0,tepe,odak , 0.0,0.0,ufuk , 0.0,1.0,0.0);
    glRotatef(-derece,0.0,1.0,0.0); //kamera odaklama bitiş
    glPushMatrix();
    glBegin(GL_QUADS);
    glColor3f(0.7,0.7,0.7);
    glVertex3f(-5.5, 0.0, -9.0);
    glVertex3f(-5.5, 0.0, 3.0);
    glVertex3f( 5.5,0.0, 3.0);
    glVertex3f( 5.5, 0.0, -9.0);
    glEnd();
    glPopMatrix();
    glPushMatrix();
    glTranslatef(-0.2,0.5,0.5);
    rmodel();
    glPopMatrix();
    glPopMatrix();
}
```

yeryüzü() fonksiyonu çağrıldıktan sonra oluşan görüntü Şekil 5.5’de verilmiştir.



Şekil 5.5. Modelin yerleştirileceği ortam görüntüsü

Aşağıda verilen ve yeryüzü() prosedüründe karşımıza çıkan yordamlar, üç boyutlu modellemenin vazgeçilmez unsurları olarak bilinen, ölçekleme, öteleme ve döndürme dönüşümlerini gerçekleştirmeyi sağlarlar.

```
glRotatef(-derece,0.0,1.0,0.0);  
glTranslatef(-0.2,0.5,0.5);
```

glRotatef() yordamı nesneleri kendi eksenini çevresinde döndürme işlemi gerçekleştirir.

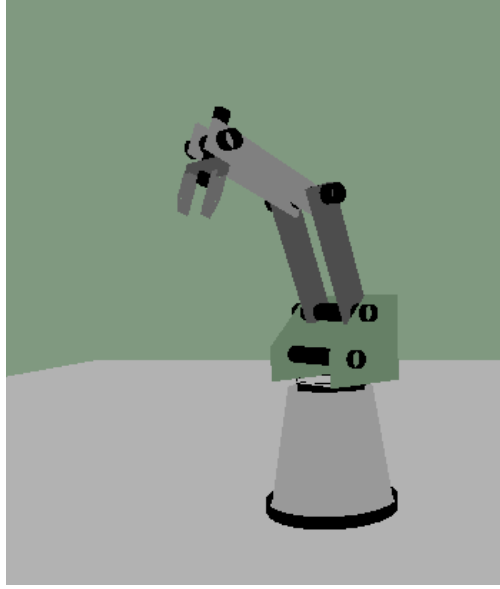
glRotatef(float açı, float x, float y, float z)

temel yapısını kullanır. Açı parametresi modelin dönüş miktarını, x, y ve z parametreleri ise hangi eksen etrafında dönme yapılacağını ifade eder. x, y ve z eksen değerleri 0.0 ya da 1.0 değerini alır. Herhangi bir eksenin 1.0 yapılması, o eksenin dönme dönüşümünü yetkilendirir. İkinci yordam olan glTranslatef() yordamı sahne üzerindeki çizimlerimizin, sahnenin herhangi bir yerine taşınmasını diğer bir deyişle öteleme yapmamızı sağlar [64].

glTranslatef(float x, float y, float z)

temel yapısını kullanır. x, y ve z değerleri artı veya eksi değerlikli olabilirler. Öteleme işlemi, cismin merkezinden tutularak belirlenen koordinata taşınmasıyla gerçekleşir [64].

Yukarıdaki yeryüzü() fonksiyonunda çağrılan rmodel() fonksiyonu robot modelinin çiziminin gerçekleştirildiği kodları barındırmaktadır. Modelin çizimi için OpenGL ve GLUT kütüphanesinin çizim fonksiyonlarından faydalanılmıştır. Ayrıca robot kollarının hareketi için gereken komut satırları bu fonksiyon altında yazılmıştır. Şekil 5.6'da rmodel() işlevi işletildikten sonra oluşan robot modelinin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.6. Robot modeli

5.8.3. Kumanda Paneli ve Modelin Kumanda ile Kontrolünün Sağlanması

Daha öncede değinildiği gibi SCORBOT-ER V Plus robot kolunun kontrolü, kendisine bağlı bulunan kumandası sayesinde gerçekleştirilebilir. Robot kollarının eksenlerdeki hareketlerini gözlemleme, robot kolunun o anki konumunu kaydetme ve kayıtlı konumları eksenlere gönderme gibi işlevler, bu uç birim aygıtı ile rahatlıkla yapılmaktadır. Çalışmamızda da bu kumanda paneli birebir modellenerek işlevleri bu modele aktarılmış, robot kolunun hareketleri bu sayede gerçekleştirilmiştir.

Kumanda paneli oluşturulurken OpenGL kütüphanesinin texture yani kaplama yönteminden faydalanılmıştır. Öncelikle Adobe Photoshop 7.0 grafik ara yüzü kullanılarak kumandanın birebir modeli çizilmiş ve .bitmap resim formatında kaydedilmiştir. Daha sonra aşağıda verilen OpenGL kodları ile çizim sahnemize aktarılmıştır.

Kumanda panelinin çizimi için, dokuyukle() ve kumanda() olmak üzere iki ayrı fonksiyon kullanılmıştır. dokuyukle() fonksiyonu “.bitmap” resim formatında oluşturulan kumanda modelinin OpenGL’in belleğine bir doku olarak alınması, kumanda() fonksiyonu ise sahneye kumanda çiziminin yapılarak, bu çizime dokuyukle() fonksiyonu ile alınan dokunun yapıştırılması işlevini görmektedir.

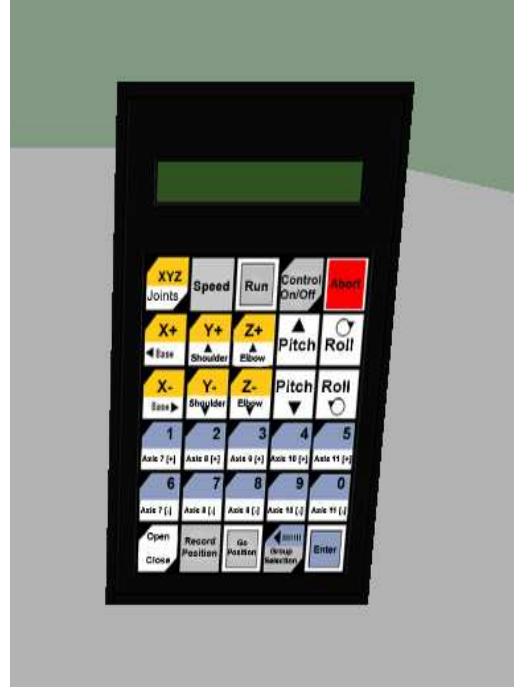
```
unsigned doku[1];
void dokuyukle()
{ AUX_RGBImageRec *dokuimgesi[1];
  memset(dokuimgesi,0,sizeof(void *)*1);
  if (dokuimgesi[0] = auxDIBImageLoad("kumanda.bmp"))
  {
    glGenTextures(1, &doku[0]);
    glBindTexture(GL_TEXTURE_2D, doku[0]);
    glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MAG_FILTER, GL_LINEAR);
    glTexParameteri(GL_TEXTURE_2D, GL_TEXTURE_MIN_FILTER, GL_LINEAR);
    glTexImage2D(GL_TEXTURE_2D, 0, 3, dokuimgesi[0]->sizeX, dokuimgesi[0]->sizeY,
      0, GL_RGB, GL_UNSIGNED_BYTE, dokuimgesi[0]->data);

    if (dokuimgesi[0])
      { if (dokuimgesi[0]->data)
          {
              free(dokuimgesi[0]->data);
          }
        free(dokuimgesi[0]);
      }
  }
}
```

dokuyukle() işlevi, tekrarboyut() fonksiyonunun ilk komutu olarak çağırılır. Pencere boyutundaki değişime bağlı olarak doku boyutunda da değişme meydana gelir. Bundan ötürü görüntüde meydana gelecek bozulmaları önlemek için bu şekilde bir kullanım yapılmıştır.

```
void kumanda(void)
{ glColor3f(1.0,1.0,1.0);
  glPushMatrix();
  glEnable(GL_TEXTURE_2D);
  glBegin(GL_QUADS);
    glTexCoord2f(0.0, 0.0);glVertex3f(0.2,0.03,0.8);
    glTexCoord2f(1.0, 0.0);glVertex3f(0.8,0.03,0.8);
    glTexCoord2f(1.0, 1.0); glVertex3f(0.8,1.0,0.8);
    glTexCoord2f(0.0, 1.0);glVertex3f(0.2,1.0,0.8);
  glEnd();
  glDisable(GL_TEXTURE_2D);
  glPopMatrix();
}
```

Şekil 5.7’de oluşturulan kumanda panelinin görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.7. Kumanda paneli

Modelin kumanda ile kontrolünün sağlanması için ana fonksiyonumuz olan main() fonksiyonundan çağırılan aşağıda verilen kod satırı kullanılmıştır.

```
glutMouseFunc(mouse)
```

OpenGL kütüphanesinin fonksiyonları arasında klavye ve fare etkileşimini sağlayabilecek işlevler mevcut değildir. Bunun için GLUT kütüphanesinin fare ve fonksiyonları kullanılmaktadır. Fare etkileşimini sağlayan fonksiyon aşağıdaki temel yapıyı kullanmaktadır.

```
void glutMouseFunc(void(*Func)(int tus, int durum, int x, int y));
```

Farenin herhangi bir tuşuna basıldığında veya basılı olan bir tuş bırakıldığında, kendisine parametre olarak geçilen fonksiyonu çalıştırır. “tus” parametresi farenin hangi tuşuna basıldığını belirtir. Bu parametre, GLUT_LEFT_BUTTON, GLUT_RIGHT_BUTTON, GLUT_MIDDLE_BUTTON değerlerinden birisini alabilir. Durum parametresi tuşun durumunu belirtir. Tuş o anda ya basılıdır ya da basılı değildir. Bu parametre de GLUT_UP veya GLUT_DOWN değerlerinden birisini alabilir. x ve y parametreleri ise farenin ekrandaki koordinatlarını belirtir [69].

Aşağıda fare etkileşiminin nasıl gerçekleştiğini anlatmak için, kumandanın X+ ve X- tuşlarına kazandırılan işleve ait kod satırı verilmiştir.

```
void mouse(int buton, int state, int x, int y)
{
    switch (buton) {
    case GLUT_LEFT_BUTTON:
    if (state == GLUT_DOWN)
    {
        if ((x < 766 && x > 735) && (y < 473 && y > 443)){ //x+, x- tuş işlevi başlangıç
            govde = (govde + 5) % 300;
            glutPostRedisplay();}

        if ((x < 766 && x > 735) && (y < 507 && y > 478)){
            govde = (govde - 5) % 300;
            glutPostRedisplay();}                                //x+, x- tuş işlevi bitiş
    }
```

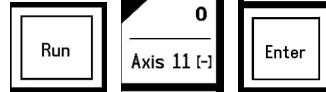
Yukarıdaki işlevde buton değişkeni, farenin hangi tuşuna basıldığının bilgisini verir. Farenin sol tuşu tıklanırsa bu bilgi, buton parametresine aktarılır. Yukarıda verdiğimiz şarta göre, farenin sol tuşuna tıklandığında kendinden sonra gelen şartları çalıştırır. Sağ tıklama ya da orta tuşa basma gibi olaylarda herhangi bir şart işletilmez. GLUT_DOWN değeri “state” parametresine aktarılır. Eğer o anda düğmeye basıldıysa, farenin pencerede bulunduğu x ve y koordinat bilgileri kontrol ettirilir. Bu koordinatlar kumandamızın X+ ve X- tuşlarının bulunduğu konuma denk gelmektedir. Yani X+ ve X- tuşlarından birine tıklanıp tıklanmadığı kontrol ettirilmektedir. Eğer x ve y değerleri verilen değerler arasındaysa yani şart doğruysa, robot kolumuzun “base” bölümünü belirttiğimiz eksende hareketini sağlayacak olan açı değeri hesaplanır. Hesaplanan bu açı değeri glutPostRedisplay(); fonksiyonu aracılığı ile aşağıda verilen, rmodel() fonksiyonu altında bulunan, kolumuzun base bölümünü hareket ettirecek komut satırına gönderilir.

```
glRotatef ((GLfloat) govde, 0.0, 1.0, 0.0);
```

Kumandaya ait diğer işlevlerde aynı mantık çerçevesinde verilmiştir. Robot kolu ile çalışılırken robotu başlangıç konumuna almak için “home” komutu kullanılmaktadır. Program editöründe iken;

➤ home

yazılarak Enter tuşuna basıldığında, robot başlangıç konumuna gelmektedir [55]. Bu işlevi kontrol kumandası aracılığı ile yapmak istediğimizde ise kontrol kumandasında sırası ile aşağıda verilen tuşlara tıklanması yeterlidir.



Aşağıda verilen kod satırı, yine mouse() fonksiyonu altında yer alan, çalışmamızda bu işlevi gerçekleştiren komutlardır. Gerekli şartların doğruluğu kontrol edildikten sonra belirtilen gövde, omuz, dirsek, bilek açıları hareketi sağlayan komut satırlarına gönderilmekte ve robot kolu belirtilen başlangıç komutuna getirilmektedir.

```
if ((x <835 && x>806) && (y <439 && y>408)) //home konumu başlangıç
{ ax=ax+1; }

if((x <890 && x>860) && (y <558 && y>542)){ax=ax+10; }

if((x <886 && x>858) && (y <601 && y>574)){ax=ax+100; }

if (ax==222) {
    govde=60; //başlangıç konumu olarak base sahip olacağı açı
    omuz=60; //başlangıç konumu olarak üst kolun sahip olacağı açı
    dirsek=45; //başlangıç konumu olarak ön kolun sahip olacağı açı
    bilek=15; //başlangıç konumu olarak bileğin sahip olacağı açı
    ax=0;
    glutPostRedisplay();} //home konumu bitiş
```

Robot kolunun kontrolü kumanda ile sağlandığından, kumandanın kontrol özellikleri yukarıda verilen kodlar ışığında, kumanda panelinde yer alan modele aktarılmış ve benzetim bu şekilde sağlanmıştır.

6. SONUÇ

Bu çalışmada, web tabanlı eğitim ile sanal laboratuvarlar incelenmiş ve örnek bir sanal laboratuvar çalışması yapılmıştır. Bunun sonucunda eğitimde teknolojik ilerlemelere yer verilmesinin öğrenmeyi kalıcı ve etkin hale getirdiği görülmüştür. Bunun yanı sıra bu uygulamalarda tekrar olanakları fazla olduğundan ve kişilere rahat ortamlarda çalışma imkânı sunulduğundan, öğrencilerin bireysel çalışma becerilerini keşfetmesinde ve öğrenim kalitesi ile öğrenci kabiliyetlerinin artırılmasında önemli bir rol üstlendiği gözlemlenmiştir.

Hedefe yönelik olarak seçilen uygun yazılımlar ve teknoloji araçları ile tasarlanan web tabanlı eğitim materyalleri ve laboratuvarlar, geleneksel laboratuvarların getirdiği kısıtlamalara çözüm olmuştur. Böylece özellikle mühendislik, teknoloji ve teknik eğitim alanında öğretim gören öğrencilerin gereksinim duyduğu laboratuvar ihtiyaçları karşılanmıştır.

Elbette ki sanal laboratuvar yaklaşımlarının getirdiği, ağ sisteminden, kişilerin bilgisayar okur-yazarlığının eksikliğinden, tasarım sürecinin uzun ve zorlu olmasından kaynaklı olumsuzluklar da mevcuttur; ancak bunlar bu uygulamaların tercih edilmesinin önüne geçememiştir.

Teknolojik araçların gelişmesine paralel olarak, gerçek yaşama ait uygulamaların benzetim yoluyla sanal olarak oluşturulması, son dönemlerde yaygın olarak kullanılan yöntemler halini almışlardır. Sanal ortamlar kullanılarak yapılan uzaktan eğitim modellerinde, öğrenci çalışmalara anında katılabilir ve en önemlisi de karşısına çıkan bir problemi bilgisayar ekranında çözmeye çalışır ve kendi görüş ve düşüncelerini sisteme aktarabilir hale gelmiştir [51]. Bunun sonucu olarak web tabanlı eğitim ve sanal laboratuvarlara gereken önemin verilmesi ve sistemlerin benzetilerek öğrencilere gerçek yaşantılar kazandırılmakta ve eğitimde istenen başarı yakalanmaktadır.

Bu tez çalışması sayesinde, ellerinde SCORBOT-ER robotu bulunmayan fakültelerdeki ve meslek yüksek okullarındaki bilgisayar laboratuvarlarında robot uygulamaları sanal olarak bilgisayar ekranlarında yapılabilecektir.

6.1. Öneriler

Bu çalışmada geliştirilen yazılım SCORBOT-ER V serisi robota göre yapılmıştır. Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi'nde bu robottan sadece 1 adet bulunmakta ve bu robotun imalatı 1990'lı yıllara dayanmaktadır. Oysa bu robotun yeni modelleri imal edilmiştir. Teknik Eğitim Fakültesi'nin yeni model bir robot alması, bu tezde yapılan çalışmaların bir benzerinin yapılmasında faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Ari, M.**, 2003. Mesleki ve teknik eğitimde uygulanacak uzaktan eğitim modelinde laboratuvar kullanımı ve altyapı ihtiyaçları, *IVETA Bölgesel Konferansı*, Ankara Üniversitesi, Ankara, 20-22 Ekim, s. 76-80.
- [2] **Swamy, N., Kuljaca, O., Lewis, F. L.**, 2002. Internet-based educational control systems lab using netmeeting, *IEEE Transactions on Education*, **45**, 145-151.
- [3] **Erkan, E., Altun, H.**, Java ve web tabanlı uzaktan eğitim: e-eğitim için sanal sınıf ve sanal laboratuvar projesi, *Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendislikleri Eğitimi 1. Ulusal Sempozyumu*, Ankara.
- [4] **Ubell, R.**, 2000. Engineers turn to e-learning, *IEEE Spectrum*, **37** (10), 59-61.
- [5] **Burma, Z.**, 2008. AB'ye geçiş sürecinde meslek elemanlarının uzaktan öğretim ile eğitimi, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, **1**, 15-20.
- [6] **Özarslan, M., Kubat, B., Bay Ö., F.**, 2007. Uzaktan eğitim için entegre ofis dersinin web tabanlı içeriğinin geliştirilmesi ve üretilmesi, *Akademik Bilişim Konferansı*, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 31 Şubat-2 Ocak.
- [7] **Varol, A., Karabatak, M.**, 2002. Web tabanlı uzaktan eğitimde otomasyonun önemi, *Akademik Bilişim Konferansı*, Selçuk Üniversitesi, Konya, 6-8 Şubat.
- [8] T.C. Resmi Gazete, Üniversitelerarası İletişim ve Bilgi Teknolojilerine Dayalı Uzaktan Yükseköğretim Yönetmeliği Kapsamında Açılacak Dersler/ Programlara İlişkin Genel İlkeler, (23906), 14 Aralık 1999.
- [9] **Çabuk, A. ve Erdoğan, Ş.**, 2000. Bilgisayar destekli tasarım ve coğrafi bilgi sistemlerinin kullanım olanaklarının genişletilebilmesi için internet tabanlı eğitim modellerinden yararlanılması, *Türkiye'de İnternet Konferansları*, İstanbul, 9-11 Kasım.
- [10] **Aslantürk, O.**, 2002. Bir web tabanlı uzaktan eğitim yönetim sisteminin tasarlanması ve gerçekleştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [11] **Docent Inc**, 2002. E-learning strategies for executive education and corporate training, *Issue of Fortune*, Mayıs.
- [12] **Kaptan H.**, 2002. Veri iletişim dersi için web tabanlı çoklu ortam destekli simülör, *Doktora Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [13] **Horton, W.**, 2000. Design Web based training, *John Wiley & Sons Inc.*, New York.
- [14] **Karal H., Berigel M.**, 2006. Yabancı dil eğitim ortamlarının bilişim ve iletişim teknolojileri (BİT) kullanarak zenginleştirilmesi. <http://inet-tr.org.tr/inetconf11/bildiri/56.doc>, 23 Kasım 2009.
- [15] **Mason, R.**, 1998. Models of online courses, *ALN Magazine*, **2**, October.
- [16] **Erkunt H.**, 2002. Web-tabanlı Eğitim Semineri, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 31 Mayıs. <http://cet.boun.edu.tr/faculty/erkunt/papers/tetuseminernotlari.pdf>, 22 Kasım 2009.
- [17] **Yeniad, M.**, 2006. Uzaktan eğitimde kullanılmak üzere web tabanlı bir portal yazılımı geliştirme, *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
- [18] **Alkan, C.**, 1998. Eğitim teknolojisi ve uzaktan eğitimin kavramsal boyutları, *Uzaktan Eğitim Yaz 1998/ Kış 1999*, 5-10.
- [19] **Kaptan, H., Çamurcu, Y.**, 2002. Yönlendirici algoritmaları için web tabanlı eğitim simülör, *Akademik Bilişim Konferansı*, Selçuk Üniversitesi, Konya, Şubat.

- [20] **Özdil, B.; Çelik, A.**, 1999. İnternete dayalı uzaktan eğitim, *Türkiye’de İnternet Konferansı*, Ankara.
- [21] **Gürbüz, A.**, 2000. İşletim sistemleri eğitimi için web tabanlı simülatör, *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Ağustos.
- [22] **Lammle T., Tedder W.**, 2000. CCNA virtual lab. e-trainer, Sybex.
- [23] **Arslan, M., Atabaş, İ.**, 2005. İnternet tabanlı kontrol laboratuvarı uygulamaları, *Akademik Bışim Konferansı*, Gaziantep, 2-4 Şubat. <http://ab.org.tr/ab05/tammetin/17.doc>, 15 Ekim 2009.
- [24] **Ezginci, Y., Güler, İ., Özbay Y., Altunkaya, S.**, 2006. Biyomedikal laboratuvarı eğitime multimedyaalı internet desteği, 3. *EEB Mühendislikleri Eğitimi Ulusal Sempozyumu*, İTÜ, İstanbul, Kasım, s. 22-25.
- [25] **Esche, S. K.**, 2000. Remote experimentation - one building block in online engineering education, *Proceedings of the 2002 Asee/ Sefi/ Tub International Colloquium on Global Changes in Engineering Education*, Berlin, Germany, October 1–4.
- [26] **Tanyıldızı, E., Orhan, A.**, 2005. Sanal öğrenme ve uzaktan eğitim, *Bilgisayar Mühendislikleri 2. Ulusal Sempozyumu*, Samsun, s. 80-85.
- [27] **Taşdelen K.**, 2004. Mühendislik eğitimi için internete dayalı, interaktif, sanal mikro denetleyici laboratuvar tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- [28] **Karagöz, Ö.**, 2006. Fizik dersinde kullanılan farklı sanal laboratuvar programlarının tasarım ve kullanışlılık açısından değerlendirilmesi ve farklı öğretim yöntemleriyle kullanılmaları durumunda öğrenci başarısı üzerindeki etkilerinin incelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [29] **Jensen, N., Voight, G., Nejdl, W., Olbrich, S.**, 2004. Development of a virtual laboratory system for science education. <http://imej.wfu.edu/articles/2004/2/03/index.asp>, 10 Şubat 2009.
- [30] **M. Serra, E. Wang, J.C. Muzio**, 1999. A multimedia virtual lab for digital logic design, *IEEE International Conference on Microelectronic Systems Education*, Washington, DC, USA, s. 39.
- [31] **Jeschke, S., Richer, T., Zorn, E.** 2001. Virtual lab, *DFG Research Center Matheon*, Berlin.
- [32] http://www.turkie.org/index.php?option=com_content&view=article&id=106:simulasyon-vemodelleme&catid=48:diger&Itemid=57, Simülasyon ve Modelleme, 3 Ocak 2010.
- [33] **Bozkurt E.**, 2008. Fizik eğitiminde hazırlanan bir sanal laboratuvar uygulamasının geleneksel laboratuvara göre öğrenci başarısına etkisi: doğru akımda RC devresi örneği, *International Educational Technology Conference*, Eskişehir. <http://ietc2008.home.anadolu.edu.tr/ietc2008/60.doc>, 30 Aralık 2009.
- [34] **Uğur, A.**, 2002. İnternet üzerinde üç boyut ve Web3d teknolojileri, *VIII. Türkiye’de İnternet Konferansı*, <http://inet-tr.org.tr/inetconf8/bildiri/54.doc>, 5 Ocak 2010.
- [35] **Uğur, A., Özgür, E.**, 2003. İnternet üzerinde üç boyut ve mimarlıkta Web3D, *IX. Türkiye’de İnternet Konferansı*, İstanbul. <http://inettr.org.tr/inetconf9/bildiri/3.doc>, 5 Ocak 2010.
- [36] **Brown, K. and Petersen, D.**, 1998, Ready-to-run Java3D with plug-and-play code, John Wiley and Sons, Inc., pp. 400.

- [37] Hopkins, G., 2001. The Joy of Java 3D. <http://www.java3d.org/introduction.html>, 30 Ekim 2009.
- [38] Altıntaş, B., A., 2004. Java Nedir?. <http://www.bilgisayarmuhendisleri.com/sayfa.aspx?s=33>, 20 Kasım 2009.
- [39] http://www.belgeler.org/howto/opengl-giris_1.html#id2, OpenGL Programlamaya Giriş, 28 Aralık 2009.
- [40] **Kalaycı, T., E.**, 2006. Yapay zeka teknikleri kullanan üç boyutlu grafik yazılımları için “extensible 3D” (x3d) ile bir altyapı oluşturulması ve gerçekleştirimi, *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [41] <http://oss.sgi.com/projects/inventor/>, Open Inventor, 22 Kasım 2009.
- [42] **Çoban T.**, 2000. Java Programlama Kılavuzu 2 Herkes İçin!, *Alfa Yayınları*, s. 8.
- [43] http://tr.wikipedia.org/wiki/Open_Inventor, Open Inventor, 22 Kasım 2009.
- [44] **Akın E., Karaköse M.**, 2003. Elektrik ve bilgisayar mühendisliği eğitiminde sanal laboratuvarların kullanımı, *I. Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendislikleri Eğitimi Sempozyumu*, Ankara.
- [45] **Işık, İ., Işık A., H., Güler İ.**, 2008. Uzaktan eğitimde üç boyutlu web teknolojilerinin kullanılması, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, **1**, 75-77.
- [46] **Özkul, A.**, 2003. E-öğrenme ve mühendislik eğitimi, *Elektrik, Elektronik, Bilgisayar Mühendislikleri Eğitimi 1. Ulusal Sempozyumu*, ODTÜ, Ankara, 30 Nisan-2 Mayıs.
- [47] http://tr.wikipedia.org/wiki/3ds_Max, 3DS Max, 20 Aralık 2009.
- [48] http://tr.wikipedia.org/wiki/Autodesk_Maya, Maya, 9 Ocak 2010.
- [49] <http://www.blendertr.com/viewtopic.php?f=9&t=83>, Blender nedir?, 19 Aralık 2009.
- [50] <http://www.autocad-dersi.com/component/content/article/25-autocad/52-autocadnedir.html>, Autocad nedir?, 28 Aralık 2009
- [51] **Tanyıldızı E., Orhan A.**, 2004. Sanal elektrik makinaları laboratuvarı için fırçasız doğru akım motoru uygulaması, *Elektrik Elektronik Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, s. 117-121. http://www.emo.org.tr/ekler/d3ae753500ad06f_ek.pdf, 20 Eylül 2009.
- [52] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Robotik>, Robotik, 10 Ocak 2010.
- [53] **Yüksel T.**, 2004. Robotikte MATLAB kullanımı, *Yüksek Lisans Semineri*, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- [54] **Varol, A.**, 2000. Robotik, *Milli Eğitim Basımevi*, İstanbul.
- [55] **Varol, A., Bahçeci, F.**, 2007. Robot kolu kontrollü taşıma bandı ile yük nakli otomasyonu, *Türkiye’de ve Dünyada Otomasyon, Aylık Elektrik Elektronik Makine Bilgisayar Dergisi*, Mayıs, 90-100. <http://www.asafvarol.com/makaleler/besincibolumdevam61.pdf>, 9 Ocak 2010.
- [56] http://www.makinateknik.org/robotik/robot_sinif.php, Endüstriyel Robotlar ve Çalışma Alanları, 9 Ocak 2010.
- [57] **Kazan R., Tiryaki Eğrisöğüt, A.**, 2005. SCARA robot dinamiğinin yapay sinir ağları kullanarak modellenmesi, *Mühendis ve Makine Dergisi*, **46**.
- [58] **Gürol, M., A.; Bağcı, F.**, 2009. Kokteyl içeceği hazırlayan ve servis yapan robot otomasyonu, *E-Journal of New World Sciences Academy*, **4**. <http://perweb.firat.edu.tr/personel/yayinlar/fua39/3947814.pdf>, 10 Ocak 2010.
- [59] http://www.intelitekdownloads.com/Manuals/Robots/ER_V_plus_manual_00016.pdf, SCORBOT-ER V Plus User Manual, 5 Temmuz 2008.
- [60] <http://tr.wikipedia.org/wiki/OpenGL>, OpenGL, 1 Nisan 2010.

- [61] Sarıgül, M., OpenGL mi? DirectX mi?. http://webdeyim.net/tr/e_dergi/_ubuntu-turkiye/sudo/4/8, 28 Nisan 2010.
- [62] http://www.godoro.com/divisions/ehil/mahzen/Programming/OpenGL/txt/html/_document_Introduction.html, OpenGL API'ye Giriş, 1 Mayıs 2010.
- [63] http://www.mmf.selcuk.edu.tr/~erkan/_dersler/_2009_2010/_Computer_Graphics/_BG_Ders2-1.ppt, Bilgisayar Grafikleri, 1 Nisan 2010.
- [64] **Gözcü, Ş.**, 2006. OpenGL ve GLUT ile Oyun Programcılığına Giriş, Ankara.
- [65] <http://bilgisayardersleri.wordpress.com/2008/07/19/visual-c-dersleri-bolum-1/>, Visual C++ Nedir?, 28 Nisan 2010.
- [66] <http://tr.wikipedia.org/wiki/Dev-C%2B%2B>, Dev C++, 29 Nisan 2010.
- [67] <http://www1.gantep.edu.tr/~bingul/c/index.php?ders=20>, C Makroları, 29 Nisan 2010.
- [68] <http://www.opengltr.com/glut-komut-seti>, Glut Komut Seti, 28 Nisan 2010.
- [69] <http://www.csharpnedir.com/articles/read/?id=536>, C ve OpenGL: GLUT Kütüphanesinin Kullanımı, 2 Ocak 2010.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Elazığ'da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Elazığ'da tamamladıktan sonra 2002 yılında Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik Bilgisayar Eğitimi Bölümü, Bilgisayar Öğretmenliğini kazandı. 2006 yılında bu bölümden mezun oldu. Yine 2006 yılında Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Bilgisayar Eğitimi Ana Bilim Dalı, Bilgisayar Sistemleri Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine hak kazandı. 2006 yılında Muğla'nın Bodrum ilçesinin Gündoğan Beldesi, Gündoğan Fahriye Ilıcak Endüstri Meslek Lisesi'nde sözleşmeli bilgisayar öğretmeni olarak göreve başladı. 2007 yılında Adıyaman'ın Gölbaşı ilçesinin Belören Kasabası'ndaki Belören Lisesi'ne kadrolu bilişim teknolojileri öğretmeni olarak atandı. 2009 yılının Mayıs ayında Elazığ Merkez Vali Muharrem Göktaoğlu Lisesi'ne tayin oldu. Halen Vali Muharrem Göktaoğlu Lisesi'ndeki görevini sürdürmektedir. Yabancı dili İngilizce'dir.