

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

EĞİTİM TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU



PROJE ADI

VIRTUAL TOUCH

TAKIM ADI

MASS OF IMAGINARY

BAŞVURU ID

#73143

İçindekiler

İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı).....	3
1.1. Tasarım	3
1.2. Yazılım	4
1.3. Montaj.....	4
2. Problem/Sorun:	4
4. Yöntem.....	6
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü	8
6. Uygulanabilirlik	8
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması.....	8
8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi.....	10
9. Riskler	10
10. Kaynaklar	11



1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Modern dünyanın kuruluşu ve yönetimi fen bilimlerinin öğretilmesi, uygulanması ve yönetilmesi ile mümkündür. Askeri veya sivil her alandaki teknolojik gelişmeler güçlü bilim eğitimiyle ilerleyerek ülkemize katma değer sunacaktır. Gerçek bir bilim eğitimi ise laboratuvar olmadan eksik kalır (Kerimak Öner, 2020; Kırpık ve Engin, 2009). Mühendislik çalışmalarının temelini oluşturan temel bilim eğitiminin eksik kalmasının maliyetini yine toplum olarak bizler ödemekteyiz. Güncel eğitim literatüründe geleceğin meslekleri paradigması yerini günümüz ve geleceğin becerileri paradigmasına bırakmış, bu kapsamda genellikle 21.yy. becerileri olarak ifade edilmiştir. Bu becerilerin kazandırılmasında etkisi yüksek ortamlardan biri laboratuvarlardır. Temel bilimlerde nitelikli araştırmacı ihtiyacı dünyanın her yerinde olduğu gibi ülkemizde de yoğun olarak hissedilmektedir. Hem 21. yy becerileri hem de ifade edilen farklı yaklaşımları göz önüne aldığımızda da bilim eğitimi ülkemizin öncelikli alanlarından (Altun, B., & Arslan, H., 2021). Bilim eğitiminin bel kemiği olması gereken laboratuvar kullanımı ise maalesef ülkemizde ihmal edilmektedir. Öğrencilerin yoğun ilgisine ve öğrenme isteğine karşın öğretmenlerin farklı sebeplerle laboratuvar kullanımında istenen düzeyde olmadığı literatür taramasında tespit edilmiştir (Güneş vd., 2013). Ortaya çıkarılan sorunları grupladığımızda güvenlik kaygıları, malzeme yetersizliği, deney planlama, hazırlama, uygulama ve düzenlemenin çokça zaman alması, öğretmen eğitimi eksikliği vurgulanmıştır (Güneş vd., 2013). Literatürde ortaya koyduğumuz temel problemlerin gruplanmasının yanı sıra MEB'e bağlı devlet okulları, proje okulları ve özel okullarla birlikte Ar-Ge ofislerinde görev alan fen bilimleri, kimya öğretmenleri, fizik öğretmenleri, biyoloji öğretmenleri ve proje koordinatörleriyle görüşülüp henüz literatüre yeterince yansımamış olan pandemide laboratuvar kullanılamamasının neden ve sonuçları ile alternatifleri karşılaştırılmıştır. Literatüre ek olarak online laboratuvar modellemelerinin gerçekçi olmayışı, online konsantrasyon zorluğu, laboratuvar kurma maliyetinin yanı sıra işletme maliyetlerinin sürdürülebilir olmayışı, online model ve malzemelerin birkaç hazır senaryo dışında çeşitlilik sağlamaması sonucu oluşan sorunlar nitel araştırma yoluyla tespit edilmiştir. Tespit edilen tüm sorunlar için tasarım, yazılım ve doküman süreci özgün olan artırılmış ve sanal gerçeklikleri bir araya getirdiğimiz laboratuvar eğitimi kitimizi geliştiriyoruz. Unity motoru üzerinden hazırlanan sanal gerçeklik yazılımı ve modellemeleri ile Dünyanın herhangi bir yerindeki öğrenci offline veya online laboratuvar uygulamalarını gerçekleştirebilecektir. El ve parmak hareketlerinin sinyalleri mikrodenetleyiciler aracılığıyla işlenip gerçek tepkilerle laboratuvar deneyimi yaşanması sağlanacaktır. Söz konusu vücut hareketlerine duyarlı sistemler 3000 dolar üzerinden satılmasına karşın sadece onda birine kullanımı kolay, seri üretilebilir, ortam ve zaman bağımsız laboratuvar eğitimi sağlanmış olacaktır.

1.1.Tasarım

Laboratuvar kit tasarımı; el-parmak bileşenleri, mikro işlemci merkezi birim ve ekipmanları ile sanal ortam olmak üzere 3 kısımdan oluşmaktadır. El ve parmak bileşenleri el ergonomisi

hakkındaki son çalışmalar (Narvas, M. F., & Prasetyo, Y. T. ,2021) dikaate alınarak 3B tasarlanıp, insan sağlığına zarar vermeyen nişasta bazlı filament kullanılarak basılmıştır.

Mikro işlemci merkezi kablosuz iletişimi yavaşlatmayacak ve görsel olarak olarak estetik bulunabilecek şekilde dizayn edilmiştir. Bu sayede küçük yaş gruplarının kullanımında düşme, sıvı dökülmesi gibi istenmeyen durumlarda cihazın dayanıklılığı artırılmış, cihazın iç aksamına yanlışlıkla olabilecek müdahaleler önlenmiştir.

Sanal Laboratuvar tasarım süreci pek çok alt boyut içerse de grupladığımızda sanal gerçeklik ortamı, araç-gereçler ve etkileşim malzemeleri içermektedir. Laboratuvar ortamı akademik çalışmaların aktif olduğu, büyük bütçeli laboratuvar örnekleriyle tasarlanmış, assetleri planlanmış ve kullanıma hazırdır. Araç-gereç tasarımları gerçek modeller ve ölçülerle planlanmış ve geliştirilmiştir. Etkileşim malzemelerin renk, boyut, tane ve düzenekleriyle ilgili alandaki hem kullanıcılar hem de satıcılar ile görüşülüp modellenmiştir.

1.2.Yazılım

Laboratuvar kitinin yazılım süreçleri el-parmak istasyonları, mikrokontrolör istasyonu ve sanal gerçeklik yazılımı olarak 3 temel kısımdan oluşmaktadır.

El parmak istasyonlarında NodeMCU modülleriyle birimlerden veriler okunmakta ve kablosuz haberleşme sağlanmaktadır. Okunan veriler I2C protokolüyle mikro işlemciye (Arduino Leonardo) iletilmektedir. Mikroişlemci düzenli verileri WRMHL protokolü ile Unity motoruna ileterek okutabilir kılmaktadır. Protokol yazımında ve mikroişemci seçiminde hız ve kararlılık öncelikli olmakla birlikte kartların programlamasında esnekliğinden dolayı C#, sanal ortamın düzenlenmesinde ise kararlılık ve oop yapısından dolayı JAVA tercih edilmiştir.

1.3.Montaj

Karmaşık sayılabilecek bir düzen içerdiği için olabildiğince az sayıda parça tasarımı için farklı prototipler denendi. Montaj aşamalarında bağlantı malzemelerinin mümkün olduğunca geçme ve sıkışma tekniği olarak bilinen kurt boğazı ve çandı teknikleriyle bağlanmasına çalışıldı. Keskin ve hassas hareket etmesi gereken eklem bölgelerinde nişasta bazlı filamentten pin üretimi sağlandı.

2. Problem/Sorun:

Pandemi sürecinde etkisini yoğun hissettiren bilim eğitimindeki deney ve uygulama eksikliğinin bizlerin geleceğini derinden etkileyeceğini söyleyebiliriz. Etkisinin farkedilebilirliği pandemiyle artsa da ana problemin pek çok nedenden kaynaklandığını tespit edilmiştir. “Bilim eğitiminde yeterli laboratuvar deneyiminin olmaması sonucu ilkokul, ortaokul ve lisede yeterli bilimsel okur yazarlık ile 21. yy becerilerinin kazandırılmasında zorlanması, üniversite öğrencilerinin gerekli laboratuvar becerileri edinmemesi” temel sorunumuzdur. Bu durumu aşmak için sunulan ilk öneri fiziksel laboratuvar kurmaktır fakat yüksek maliyet, yavaş kurulum ve yayılım, güvenlik endişeleri, işletme süreçlerinin ayrıca maliyet, hazırlık-planlama ve kullanım sonrası işlemler için ek süre gerektirmesi, öğretmen hazırbulunmuşluluğunun yetersiz olması (Güneş vd., 2013) gibi nedenlerle hayata geçememektedir. Yine pandemi döneminde gösterdiği gibi fiziksel laboratuvara erişimin mümkün olmadığı durumlar gerçekleşmektedir.

Özellikle dezavantajlı okullarda öğrenim gören öğrencilerin pandemi dışında da erişimi mümkün olmamaktadır. Bir diğer alternatif olarak sunulan online simülasyon etkinlikleri ise (phet, tinkercad vb.) sınırlı senaryoya sahip ve deneyim hissini vermekten çok uzaktır. Bu deneyime yakın olarak Mikrosoft ve HTC firmalarının ürettiği sistemler bulunmasına karşın donanım çözümleri 3000 doların üzerinde olmakta ve söz konusu yazılımı karşılayan bir örnek bulunmamaktadır.

3. Çözüm

- Laboratuvar kiti mekân bağımsız çalışabilir. Fiziksel birlikteliğe ihtiyacı yoktur. Bu sayede öğrenciler diledikleri mekânda ve saatte uygulama yapabilirler. Günümüz teknolojileri olmadan böyle bir imkândan yararlanabilmenin tek yolu kişisel bir laboratuvara olmak olabilir.
- Laboratuvar kiti offline kullanılabilir. İnternet erişimi sağlanamayan bir bölgede olsanız dahi çalışmalarınıza devam edebilirsiniz.
- Laboratuvar kiti kullanımında tecrübeli bir öğretmen mecburi değildir. Kendi öğretici programıyla ilerleyebilir, bireysel çalışmalar yapabilirsiniz.
- Laboratuvar kiti zaman kazandırır. Hazırlık, laboratuvar gidiş-geliş, malzeme düzeni. Sonrasında toplama ve temizlik gibi zaman kayıplarını azaltır.
- İnşaat süreci gerektirmez. 40 kişilik sınıfın laboratuvar ihtiyacı bir valize sığar. Küçük ölçekli okullarda bilişim atölyeleriyle birleştirilerek STEM yaklaşıma uygun çalışmalar üretilebilir.
- Aynı yeterlikteki fiziksel bir laboratuvar kurulumuna göre daha uygundur. Benzer yetenekteki global cihazların ise yaklaşık onda bir fiyatına mal edilmektedir.
- İşletme gideri fiziksel laboratuvara göre çok daha düşüktür. Pahalı ham malzemeleri yenilemeniz gerekmez. Satışı sınırlı potasyum hidrat gibi malzemeleri, ya da cıvayı kullanabilirsiniz. Gerçekte kırılan bir beher, balon joje ya da pipet yoktur.
- Öğretmene yardımcıdır. Flip-learning yaklaşımıyla ters- yüz sınıf uygulamalarına uygundur. Alfa kuşağının öğrenim stillerine uygun yaklaşımlar denenebilir.
- Duyulara hitap ettiği için eğlenceli ve kalıcı bir öğrenim sağlar. Görsel, işitsel duyuları aktif kılar. Psikomotor becerilerin kullanılmasını destekler.
- Laboratuvar kiti güvenlidir. Özellikle asit-baz tepkimeleri veya ekzotermik tepkimeler kolaylıkla kontrol dışına çıkabilecek tepkimelerin sanal sonuçları olabilirken fiziksel sonuçları yoktur.
- Laboratuvar kiti yaşam boyu öğrenmeyi destekler. Bireylerin kiti edinmeleri için örgün bir kuruma kayıt yaptırma zorunluluğu yoktur. Geçmiş deneyim eksikliklerini azaltabilir.
- Güncellemeye açıktır, farklı geliştiriciler malzeme etkileşimlerini zenginleştirebilir.
- Her kazanım için özelleşmiş tutorial oluşturulabilir, değiştirilebilir.

Sorun	Çözüm	Eğitimdeki Katkısı
Fiziksel ortam yokluğu	Özel bir sınıf ortamından bağımsız çalışabilme	Mekân ayırt etmeksizin laboratuvar deneyimi sağlanması
Öğretmen eğitim yetersizliği	Öğretmen bağımsız çalışabilme-öğretmene kılavuzluk etme	Laboratuvar konusunda özgüvenli ve uygulamaya açık öğretmenler
Güvenlik kaygısı	Fiziksel zararların engellenmesi	Denemeye açık olunması, laboratuvar kaygısının azalması

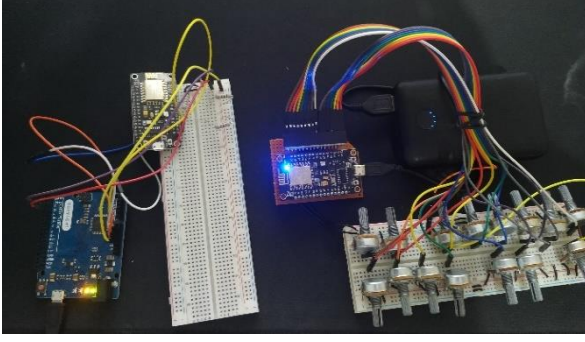
4. Yöntem

VR oyun Unity 3D oyun motoru ile C# ve java yazılım dilleri kullanılarak yapılacak. Oyun içindeki nesnelerin modellenmesi için Unity ile tam uyumlu şekilde çalışan Blender tasarım programı kullanılacak. Unity oyun motoru modellenen bölümleri akıcı bir şekilde çalıştırmak için yeterli güce sahip ve yüksek sayıda kullanıcı kitlesi sayesinde internette yeterince kaynak birikmiş durumdadır. Aynı zamanda sensörlerden alınan verileri WRMHL protokolü ile algılayabilmektedir. Bu durum, elektronik devrelerde topladığımız verileri oyuna aktarmamıza olanak sağlayabilmekte ve eş zamanlı hareketi kolaylaştırmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1 Çevre kontrolör, denetleyici ve yazılım etkileşiminin tasarımı

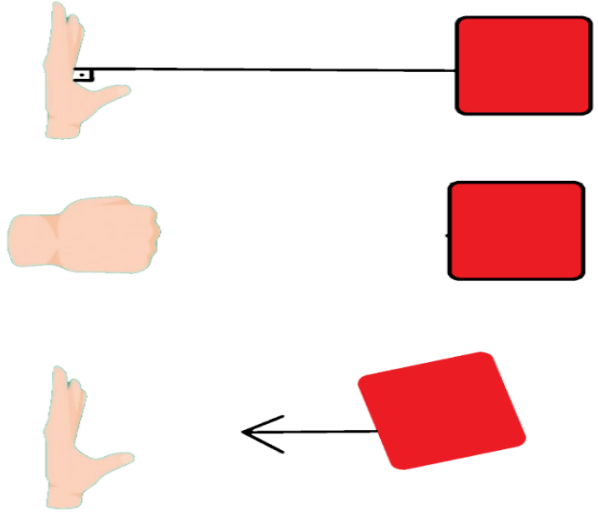
Eklem hareketlerinin hassasiyetle algılanabilmesi için 3D yazıcı ile basılacak parçalar ile potansiyometreler yerleştirilecektir. Parmak hareketleri potansiyometreler ile ESP 8266 NodeMCU karta iletilecek. Bu aşamada birden fazla analog girişe ihtiyaç duyulduğu için analog pin girişini artıran CD74HC4067 analog multiplexer kullanılacak. i2c protokolü ile NodeMCU'ya bağlanan MPU6050 ivme ve Gyro sensörü elin üç eksenindeki (x,y,z) açı ve ivme değerlerini NodeMCU'ya iletilecek. Potansiyometre ve MPU6050'den gelen tüm veriler ESP-NOW protokolü kullanılarak wifi ile kablosuz olarak diğer bir NodeMCU'ya gönderilecek. Dataları alan NodeMCU i2c protokolü ile Arduino Leonardo mikrokontrolcüye aktaracak. Bu aşamada i2c protokolünün tek seferde gönderilebilen veri limitinden dolayı toplanan veriler küçük paketçiklere bölünüp Arduino Leonardo tarafından tekrar birleştirilecek. Son aşamada ise tüm bu veriler wrmhl protokolü ile Unity Oyun Motoruna iletilecek. Burada C# ile yazdığım kodlarla oyun içerisindeki el ve parmakların sanal hareketleri hesaplanacaktır.



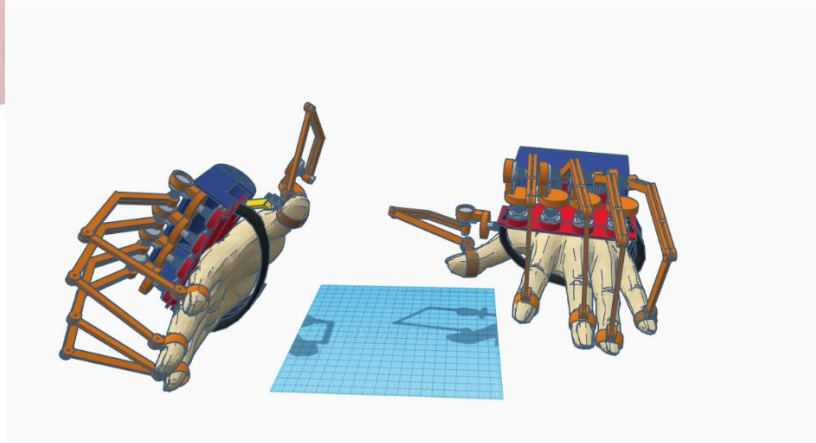
Şekil 2 Uygulama ve Test Prototipi

VR oyunlarda en çok şikâyet edilen şeylerden biri de cisimleri yakalayamamaktır. Yakalamak istenilen cismin yanına giden kullanıcı cisme uzanmaya çalışsa da oyundaki kol uzunluğu cismi almaya yetmediği için kullanıcının tekrar hareket etmek zorunda kalması VR kullanıcıları için akıcılığı bozan ve kullanımı zorlaştıran bir problem olmaktadır. Bu duruma çözüm olarak biraz daha uzun bir mesafeden cisimlerin yakalanabileceği bir sistem geliştirdim. Kullanıcının eline dik olacak şekilde belli bir uzunluğa sahip görünmez bir vektör çizilir. Bu vektörün temas ettiği ilk cisim yakalanabilir ise cismin etrafı parlar. Kullanıcı elini hızlı bir şekilde kapatıp aç yaparsa bu parlayan cisim kullanıcının eline doğru hareket eder ve yakalama animasyonu ile cisim yakalanır. Bu şekilde oyun içindeki kol boyu problemi olmadan cisimler yakalanabilir (Şekil 3).

Şekil 2’de görünen 14 potansiyometrenin ve MPU6050’nin verileri kablosuz olarak şekle göre sol taraftaki NodeMCU’ya oradan da i2c ile Arduino Leonardoya geçmekte. Birçok modern telefonun ekranı saniyede 60 kareyi gösterebilmekte. Yani verilerin saniyede 60’tan fazla tekrar etmesi yeterli olacak. Şu anki sistemde ise tüm veriler saniyede 80 – 90 defa işlenebilmektedir. Bu da gerçek – sanal koordinasyonu için yeterli bir hızdır.



Şekil 3 Cisimlerin Yakalama Menzili Problemi Çözümü



Şekil 4 El İstasyonlarının Ayrıntı-Ölçekli Model Tasarımı

Modelleme yaparken kullandığım standart potansiyometrelerin fazla büyük olduğunu fark ettim. Bu problemi geçici olarak fazladan eklem parçaları ekleyerek çözdüm ancak daha fazla

parça uzun vadede ürünün bozulma ihtimalini artırıyor. Bu nedenle yapacağım ikinci prototipte daha küçük potansiyometreler kullanacağım. Modelde mavi renk ile belirtilen eldiven gövdesinin içinde devre elemanları bulunmakta. İlk prototip tasarımında ekleme ve özelleştirmeleri daha kolay yapabilmek adına gövdede ekstra boşluk bıraktım (Şekil 4). İkinci prototipte neredeyse hiç boşluk kalmayacak şekilde yeniden dizayn edeceğim. Bu şekilde hem daha hafif hem daha estetik bir görüntü sağlanmış olacak.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Laboratuvar kiti kodları, parça ve işleyiş tasarımlarıyla yerli ve özgündür. Alanda sanal gerçeklik çalışmasıyla ilgili etkileşimli bir laboratuvar çalışması bulunmamaktadır. Söz konusu aktif etkileşimli çalışmalar genellikle oyun (PS 5, HTC vb.) ya da askeri alanda (Microsoft Holo) kullanılmaktadır. Uzun kontrolleri için üretilen parçalar ergonomik ilkelere göre örnek alınmadan tasarlanmıştır. Eklem hareketlerinin potansiyometreler ile ölçülmesi alandaki ilk yaklaşımdır. Alanda uygulaması çok daha Pratik olan flex sensörler kullanılmaktadır bu durumdan maliyeti 2 katına çıkarmaktadır. Dolayısıyla tasarım ve üretim ve uygulama zorluğuna rağmen potansiyometreler ile denenmiş ve sonuç alınmıştır.

6. Uygulanabilirlik

Proje tüm aşamalarıyla nihai kullanıcı ürünü olarak tasarlanmıştır. Ürünün tüm yazılımsal ve donanımsal tasarımlarının özgün olmasına dikkat edilmiş, ticari üretim için kart modellemeleri planlanmaya başlanmıştır. Satın alma süreçleri için gerekli yatırımı öncelikli özel sektör sonrasında ise genç girişimcilik destekleriyle faaliyete geçirmeyi planlamaktayız. Seri üretimle düşecek olan maliyetlerle beraber dezavantajlı okullara ve STK'lara kâr amacı gütmeyen edinilmesi mümkündür. Şuan dünyada örneği olmayan 11 eğitim alanı ve 36 aylık eğitim süresiyle DENEYAP atölyelerinde de kimya ve fen laboratuvar eğitimleri için kullanılabilir.

Pazarda boşluk olmasına rağmen yerini doldurabilecek muadil bir ürün bulunmaması, benzer yetenekteki ürünlerin çok daha yüksek fiyatla satılması, yazılım ve donanım için ayrı ayrı ücret ödenmemesi nedeniyle ticari niteliği olan bir üründür.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Ürün	Birim Fiyatı	Adet	Toplam Fiyat
NodeMCU V3 ESP8266	37,35	3	112,06
10K Potansiyometre	1,54	25	38,59
Arduino Leonardo R3(Klon)	97,76	1	97,76
MPU6050 İvme ve Gyro Sensörü	25,24	4	100,96
CD74HC4067 – 16 Kanal Analog Multiplexer	19,55	2	39,1
12x12 cm Delikli Pertinaks	11,83	1	11,83
Unity Asset Maliyeti	87,30	1	87,30

8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi

Hedef kitlemiz öncelikli olarak MEB’ e bağlı ortaokul ve liselerdeki laboratuvar eğitimine ihtiyaç duyan öğrenciler ve Üniversitelerin Fen Fakülteleriyle Eğitim Fakültelerinde laboratuvar öğrenimi güçlü olmayan öğretmen adaylarıdır. Bilim eğitimini öncelikli alması gereken gelecek neslimiz ve onları yetiştirecek olan öğretmenlerimiz ile yaygın etkiyi arttırmayı hedeflemekteyiz.

9. Riskler

Oluşabilecek riskleri ile ilgili olarak Etki-Olasılık analizi yapılmış olup çıkabilecek sorunlara karşı çözüm planları hazırlanmıştır.

ETKİ \ OLASILIK	AZ	ORTA	ÇOK
AZ	3B baskı alınabilecek iş yerlerinin yoğun olması	Mikro denetleyicinin yanması	Takım üyesinin çalışmayı engelleyici bir durumun oluşması
ORTA	Son ürünün tespit edilebilen bir sorundan dolayı çalışmaması	Modellerin fiziksel zarar görmesi	Yazılım sisteminin çökmesi, silinmesi
ÇOK	Pin ve bağlantı ekipmanlarının yıpranması	Tespit edilemeyen bir nedenle hata alınması	Ham madde fiyatlarının artması

Hali hazırda çıktı için kullanılan iş yerlerinin ilerleyen zamanda yoğun olması ihtimaline karşılık ulaşılabilecek yakın 3D baskı alınabilen yerlerin iletişim bilgileri kaydedildi. Ayrıca online baskı alıp, kargo ile gönderebilecek şehir dışı iş yerleri tespit edildi.

Mikrodenetleyicinin yanması ya da zarar görmemesi için çalışma akımı kontrol altında tutuldu. Herhangi bir zarar oluşması ihtimaline karşılık yedek mikrokontrolcü kullanılacak.

Tek üyeli bir takım olarak çalışmayı engelleyici bir durum oluşmaması için sağlık, eğitim, iş ve işlemler ile ilgili davranışlarımızı programlı yürütüme geçtim.

Tespit edilebilen pek çok sorun deneyimlendi ve çözüm yolları kaydedildi. Projenin ilerlemede bir risk oluşturmasının önüne geçildi.

3B modellerin zarar görmesi ciddi bir zaman ve para kaybına neden olabilmektedir. %20’nin altında baskı alınmayarak dayanıklılığın artırılması planlandı.

Yazılım sisteminin çökmesi ya da silinmesine karşılık, donanım sürücü ve yazılımları ile oyun yazılımının yedekleri bulutta ve harici diskte çift yedekli olarak tutulmaktadır.

Pin ekipmanların ciddi zorlanmalarla kırılmaları mümkündür fakat küçük ve çok sayıda yedekli bulundurulabilmektedirler.

Tespit edilemeyen hataların öncesinden tespit edilebilmesi için tasarım sürekli olarak denenecektir.

Ürün seri üretiminde ham madde fiyatlarının artması maliyet artışına neden olacaktır. Seri üretim önce kurumlarla satın alma anlaşmaları yaparak toplu alım yapılması fiyatların kontrol altında tutulmasına yardımcı olacaktır.

10. Kaynaklar

Altun, B., & Arslan, H. (2021). 2000 yılı sonrası doğan öğrencilerin 21. yüzyıl becerileri ile kariyer planlaması ve teknoloji yönelimleri arasındaki ilişkinin incelenmesi.

Güneş, M, Dilek, N, Topal, N, Can, N. (2013). Fen ve teknoloji dersinde laboratuvar kullanımına yönelik öğretmen ve öğrenci değerlendirmeleri. Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi, (20), 1-11.

Kırpık, M, Engin, A. (2009). Fen Bilimlerinin Öğretiminde Laboratuvarın Yeri Önemi ve Biyoloji Öğretimi ile İlgili Temel Sorunlar. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2 (2), 61-72.

Kerimak Öner, M. (2020). Kimya Eğitiminde Laboratuvar Güvenliği Kültürünün Yerleştirilmesi. İSG Akademik, 2 (1), 15-25

Narvas, M. F., & Prasetyo, Y. T. (2021). Postural & Hand Ergonomics Assessments in Wiring High Voltage Control & Protection Panels. 2021 IEEE 8th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA), Industrial Engineering and Applications (ICIEA), 2021 IEEE 8th International Conference On, 101–105.
<https://doi.org/10.1109/ICIEA52957.2021.9436747>

