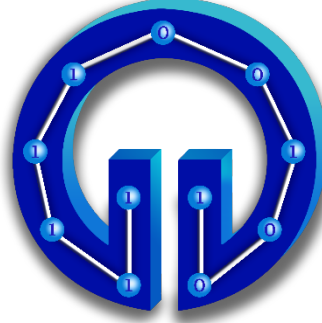


**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**



**3 BOYUTLU MÜZİK KUTUSU DAVULU TASARIMI**

**MÜHENDİSLİK TASARIMI**

**Giorgi GVİMRADZE**

**2018-2019 GÜZ DÖNEMİ**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ  
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ**

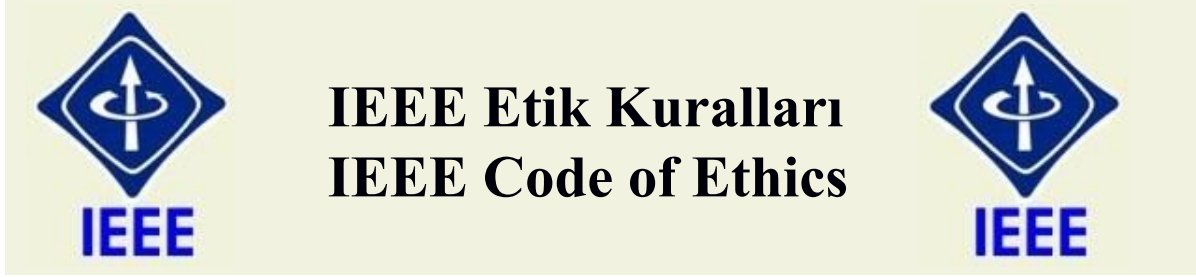
**3 BOYUTLU MÜZİK KUTUSU DAVULU TASARIMI**

**MÜHENDİSLİK TASARIMI**

**Giorgi GVİMRADZE**

**2018-2019 GÜZ DÖNEMİ**





Mesleğime karşı şahsi sorumluluğumu kabul ederek, hizmet ettiğim toplumlara ve üyelerine en yüksek etik ve mesleki davranışta bulunmaya söz verdiğimi ve aşağıdaki etik kurallarını kabul ettiğimi ifade ederim:

1. Kamu güvenliği, sağlığı ve refahı ile uyumlu kararlar vermenin sorumluluğunu kabul etmek ve kamu veya çevreyi tehdit edebilecek faktörleri derhal açıklamak;
2. Mümkün olabilecek çıkar çatışması, ister gerçekten var olması isterse sadece algı olması, durumlarından kaçınmak. Çıkar çatışması olması durumunda, etkilenen taraflara durumu bildirmek;
3. Mevcut verilere dayalı tahminlerde ve fikir beyan etmelerde gerçekçi ve dürüst olmak;
4. Her türlü rüşveti reddetmek;
5. Mütenasip uygulamalarını ve muhtemel sonuçlarını gözeterek teknoloji anlayışını geliştirmek;
6. Teknik yeterliliklerimizi sürdürmek ve geliştirmek, yeterli eğitim veya tecrübe olması veya işin zorluk sınırları ifade edilmesi durumunda ancak başkaları için teknolojik sorumlulukları üstlenmek;
7. Teknik bir çalışma hakkında yansız bir eleştiri için uğraşmak, eleştiriye kabul etmek ve eleştiriye yapmak; hatları kabul etmek ve düzeltmek; diğer katkı sunanların emeklerini ifade etmek;
8. Bütün kişilere adilane davranmak; ırk, din, cinsiyet, yaş, milliyet, cinsi tercih, cinsiyet kimliği, veya cinsiyet ifadesi üzerinden ayrımcılık yapma durumuna girişmemek;
9. Yanlış veya kötü amaçlı eylemler sonucu kimsenin yaralanması, mülklerinin zarar görmesi, itibarlarının veya istihdamlarının zedelenmesi durumlarının oluşmasından kaçınmak;
10. Meslektaşlara ve yardımcı personele mesleki gelişimlerinde yardımcı olmak ve onları desteklemek.

IEEE Yönetim Kurulu tarafından Ağustos 1990'da onaylanmıştır.

## ÖNSÖZ

“MaggyBox” adlı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Tasarım Projesi olarak hazırlanmıştır. Bu proje ile piyanoda çalınan herhangi bir müziği ev şartlarında kaydedip müzik kutusunu ürün veya hediye haline dönebiliriz.

Bu projenin yapımında bana yardımcı olan Büşra Keskin ve bölüm arkadaşlarıma, Prof. Dr. Vasif V. NABİYEV ve Öğr. Gör. Ömer ÇAKIR hocalarımıza saygılarımı sunar teşekkür ederim.

Giorgi Gvimradze  
Trabzon 2018

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
IEEE ETİK KURALLARI	II
ÖNSÖZ	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET	V
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Müzik Kutusu Hakkında Genel Bilgi	1
1.1.1. Müzik Enstrümanlarının Tarihi	1
1.1.2. Müzik Kutusunun Ortaya Çıkması	1
1.1.3. Müzik Kutusunun Çalışma Mantığı ve Ekipmanları	3
1.1.4. Müzik Kutusu Davulu Üretimi	4
1.2. 3 Boyutlu Yazıcı Hakkında Genel Bilgi ve Projeye Katkı	4
1.2.1. 3 Boyutlu Yazıcı Nedir	4
1.2.2. 3 Boyutlu Yazıcı Teknolojisinin Çeşitleri	5
1.2.2.1. Stereolithography (SLA)	5
1.2.2.2. Fused Deposition Modelling (FDM)	6
1.2.3. STL Dosya Sözdizimi	7
1.2.3.1. STL Dosyası Nedir	7
1.2.3.2. STL Dosyanın 3 Boyutlu Tasarımı Saklama Yöntemi	7
1.2.3.3. Fasetaların Bilgisi Nasıl Tutulur	8
1.2.3.4. ASCII STL Uzantının Özel Sözdizimi	9
1.2.3.5. STL Dosyasından 3 Boyutlu Baskı Gerçekleştirilmesi	9
2. PROJE TASARIMI	10
2.1. Şarkının Matrisini Oluşturma	10
2.2. Üçgenlerden Silindir Oluşturma	11
2.3. Pinlerin Şarkı Matrisine Göre Konumlanması	11
2.4. Sonuç	13
3. KAYNAKLAR	14
STANDARTLAR ve KISITLAR FORMU	15

## ÖZET

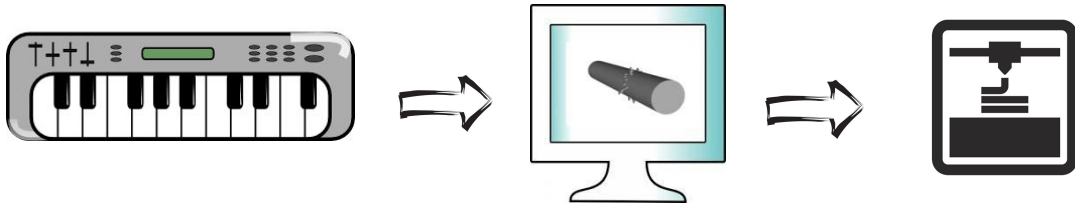
Projemin - MaggyBox - amacı: Dijital piyanodan (Casio 3200) çalınan müziği USB ile bilgisayara kaydedip, müziğe göre 3 boyutlu yazıcı ile basılabilir müzik kutusu davulunun STL ASCII tasarım dosyasını oluşturmaktır. Günümüzde müzik kutusu, genelde maliyeti düşürmek adına, Çin’de üretilen demir müzik davulunu içeren, genelde en popüler yabancı müzikleri çalabilen bir alet haline gelmiştir. Geliştirilen MaggyBox projesi şarkı sınırını ortadan kaldırmış olup, kullanıcıya kendine özgü bir müzik kutusu yapması için kolaylık sağlar.

## 1. GENEL BİLGİLER

Zamanla gelişen, ebatları küçülen müzik kutusu günümüzde hediye olarak kullanılmaya başlanmıştır. İnsanlar birbirlerine hediye seçerken duyguları aktarabilecek bir aleti - müzik kutusunu- tercih edebilirler. Ancak istedikleri her müziğin bulunduğu müzik kutusunu bulmaları neredeyse imkansızdır.

MaggyBox projesinde geliştirilen program sayesinde müzik kutusunun davulu özel şarkısıyla beraber 3 boyutlu (3D) yazıcılarla ev ortamında basılabilecektir. Bu sistemde, her defasında müzik kutusunun mekanizmasını basmak zorunlu değildir. Her şarkı için sadece davulu çıkartmak yeterlidir. Müzik kutusu veya sadece davulunu üretmek için aşağıdaki 3 adım gerçekleştirilmelidir:

- 1) Dijital piyanodan bilgisayarda koştan MaggyBox uygulamasında müziği USB üzerinde çalıp kaydetmek.
- 2) MaggyBox'un bize sonuç olarak verdiği tasarımı 3 boyutlu yazıcıya aktarmak.
- 3) Tasarımımızı 3D yazıcıdan çıkartmak.



Şekil 1. Müzik kutusu (veya sadece davul) üretim aşamaları.

Projede kullanılan teknolojiler bir sonraki bölümlerde anlatılacaktır.

### 1.1. Müzik Kutusu Hakkında Genel Bilgi

#### 1.1.1. Müzik Enstrümanlarının Tarihi

İlham Perileri: Yunan Pantheon'un ikincil tanrıçalarıdır. Yunan mitolojisinde yer alan bu ilham perileri sanatı, edebiyatı, müziği, görsel sanatları ve bilimi canlandırıp sembolize eder. Antik Yunanistan'da dokuz tane ilham perisi bilim için ilham kaynağı olarak kabul edilmiştir. Perilerin her birinin kendine özel alanlarda ilham sağladığı bilinirdi.

Müzik kelimesi Yunancanın "İlham Perilerinin Sanatı" anlamına gelen kelimesinden türetilmiştir. Sanatın bu dalını insanlar, zamanın başlangıcından beri vokal yolları veya enstrümanlarla gerçekleştirmektedir. İlk müzik enstrümanının ortaya çıkış tarihi kesin olarak bilinmese de, tarihçilerin çoğu bunu 'ilk kemikten yapılmış flüt'ün icat edildiği döneme bağlamaktadırlar. Bunun tarihi 37,000 yıl öncesine dayanmaktadır. Günümüzde bildiğimiz ilk şarkı 4,000 yıl önce çivi yazısıyla yazılmıştır.

Enstrümanlar; ortaya müzikal sesleri çıkartmak için icat edilmiştir. Teknik anlamda ses çıkaran herhangi bir alet müzikal enstrüman olarak sayılabilmektedir.

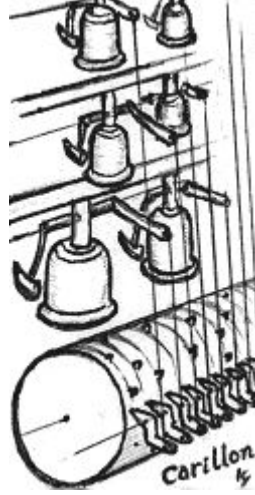
#### 1.1.2. Müzik Kutusunun Ortaya Çıkması

İlk mekanik melodi tutan müzik aleti orta çağda ortaya Carillon adıyla çıkmıştır. Bu çingiraklı müzik kutusuna benzer alet Avrupa'da bir kulenin tepesine yerleştirilmiş, insanlara



saat bilgisini vermek amacına konulmuştur. Fakat silindirin dişleri tarak yerine farklı ses çıkaran çingıraklara bağlıydı.

Müzik kutusu, diğer adıyla müzikal kutu, yayları gerildiğinde dişleri farklı sesi çıkartan demir tarağın uçlarına vurarak ses çıkartan bir müzikal mekanik enstrümandır. Aynı zamanda, şarkının kaydedildiği yer kutunun demir silindiridir. Silindir üzerindeki dişler ise konumlarına göre, silindirin gerilmeyle dönmesi, zamana bağlı olarak o dişleri tarağın farklı uçlarına denk getirmiş olmaktadır. Demir plak ya da silindir üzerinde olan dişler, tarak uçlarına vurulduğunda onların titreşmesini sağlar. Metal tarağın uçlarının uzunluğu titreşmeyle çıkan sesin frekansını etkiler.



Şekil 1.1. Carillon adlı mekanik zil çalar XIV yüzyıl, Nicolas Karc Tower, Brüksel, Belçika.

Tarağın uçları kısıdan uzuna doğru sıralanmış olup; kısa olan uç, titreşirken yüksek ses frekansını çıkartıp ince notayı çalarken, ucun uzunluğu arttıkça frekanslar düşmekte ve tarağın ucu kalın ses çıkartmaktadır. Saat yayı ve saat mekanikliği silindiri döndürürken, havanın sürtünme kuvvetiyle mekanizmanın “governor”, yay gücüne karşı çıkıp dönmesini yavaşlatır. Müzik kutusu evlerde popüler bir aksesuar olmayı (1810 yılından itibaren 20. yüzyıla kadar), fonograf ve piyanolar onu ortadan kaldıranlara kadar devam etmiştir.

Günümüzdeki müzik kutusuna benzer teknolojiyle üretilen müzik aletlerinin İsviçre’de 1770 yılında ortaya çıktığı düşünülmektedir.

Müzik kutusunun bugüne kadar gelmiş silindirli mekanizmayı içeren versiyonu İsviçre’deki bir saat ustası Antoine Favre tarafından icat edilmiş olduğu bilinmektedir. O döneme ait bazı mekanizmalar: Paillard Inc. Mandolin box ve Jaccard Inc. Singing Bird.



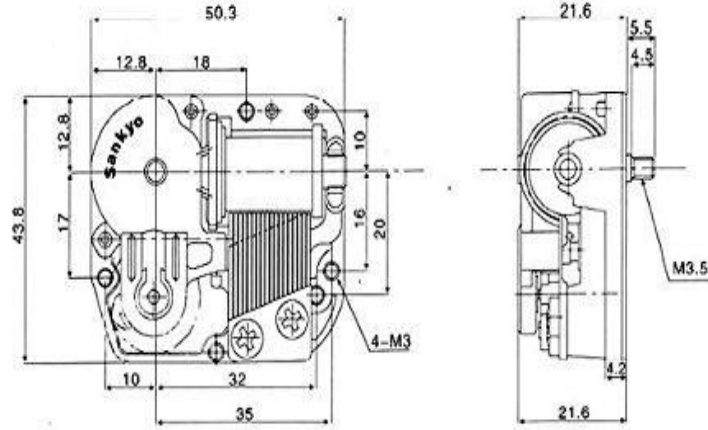
Şekil 1.2. Silindirik müzik kutusu, 1796 İsveç: Paillard Inc. Mandolin box.

### 1.1.3. Müzik Kutusunun Çalışma Mantiğı ve Ekipmanları

Saniyedeki salınım döngüsüne birimi Hertz (hz) olan frekans denilmektedir. Bir AC duvar prizinin elektriğinin saniyede 60 kez negatif ve pozitif kutuplar arasında değişim göstermesi, frekansının 60 hz olduğu anlamına gelmektedir. Ses salınan bir dalgadır ve geniş bir frekans aralığı vardır. Düşük frekanslı bir ses (örneğin, 50 hz) kulağımıza pes ses gürültüsü gibi gelirken, yüksek frekanslı bir ses (12.000 hz gibi), bir "cızırtı" gibi tiz bir ses olarak duyulabilir. Normal işiten bir kişi yaklaşık 20.000 hz'e kadar duyabilmektedir. Ses, okyanustaki dalgalamadan daha çok "sıkıştırma" dalgaları gibidir. Bir şey ses çıkarttığında, hava her yönden bu kaynaktan çıkan sıkışmalarla dalgalanır. Sıkıştırılmış hava kulak zarına çarptığında, havadaki sıkıştırma dalgaları ile beraber titreşir ve duymamızı sağlar.

Frekans ne kadar yüksek olursa, gelen ses dalgasındaki ardışık sıkıştırma arasındaki mesafe de o kadar kısa olur. Bu mesafe "dalga boyu" olarak adlandırılmaktadır. Ses yaklaşık 1200 km/saat hızla ilerler, bu yüzden 100 hz ve 20,000 hz arasındaki sıkıştırma dalgaları birkaç metre (100 hz ses için) arasındaki bir santimlik bir kesime (20.000 hz ses için) kadar değişen dalga boylarına sahiptir.

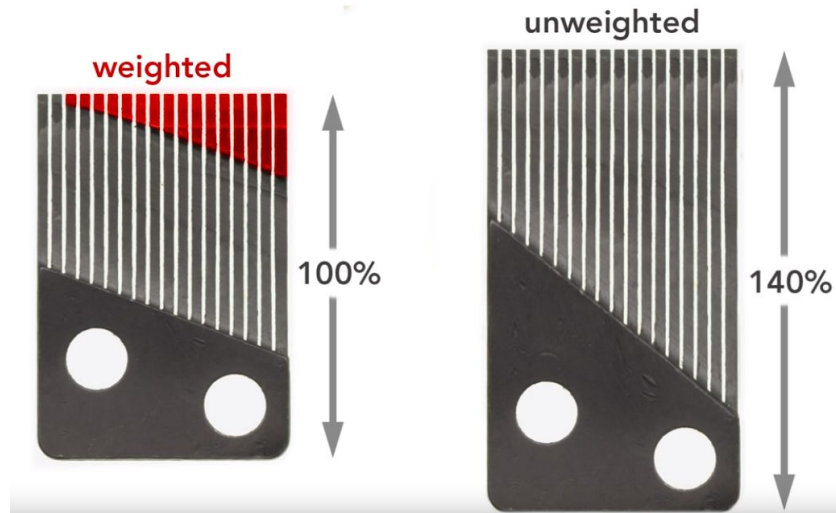
Konuşurken çıkan ses de ayrıca bir dizi frekansına sahiptir, ancak çoğunlukla 100 ve 8,000 hz arasındaki aralık ile sınırlıdır. Sesli sesleri oluşturan frekanslar tipik olarak daha düşük frekanslardır, ünsüz sesler daha yüksek frekanslı seslerdir.



Şekil 1.3. Müzik kutusunun mekanik iç tasarım örneği.

Müzik kutusunun sesinin çıkması iki önemli elemana sahiptir: Üzerinde şarkının kaydı olan silindirik şeklindeki davul ve uçları farklı nota çıkartacak şekilde ayarlanmış demir tarak. Davul üzerindeki dişler, tarak uçlara dokunup çekildiği zaman demir tarağın ucu titremeye başlar. Tarağın uçlarının uzunluğu salınım sıklığını belirler. Tarağın uzun ucunun sallanması yavaştır, kısasının ise daha hızlıdır. Buradan yola çıkılarak, uçlar kısaldıkça ses frekansları yükselmekte, ses daha incelmekte ve uç uzunluğu uzadıkça da frekans düşmekte, çıkan ses ise pes olmaktadır.

Tarak uçların uzunluğu ses dağılımını etkileyeceği için onları sadece kısaltmak mekanizmanın hacmini küçültse de, sesin kısa sürmesi gibi istenmeyen durum oluşturulmaktadır. İzlenen belgesellerde yapılan deneylerde, salınan cismin ucu ağırlaştıkça, salınımların daha uzun sürdüğünü gözlemlenmektedir. Kısa uçlu taraklarda salınımın uzun sürmesi için ve gerektiğinden ince ses çıkartmaması için kenarları ağırlaştırılır.



Şekil 1.4. Müzik kutusu içinde olan tarakın ağırlaşmasıya yarattığı boy farkı.

### 1.1.4. Müzik Kutusu Davulu Üretimi

Kaliteli bir müzik kutusu pirinçten yapılır. Her farklı şarkı için özel yazılım ve donanım tasarlanır. Mekanik otomasyon aletleri davulun üzerinde ilk önce, dışın durması gereken yerde delikler açar. Sonrasında başka bir alet ise bu deliklere demir tel geçirip sabitler. Üçüncü ve son olarak, müzik kutusunun davul hazırlama aşaması, tunç davulun içinin eritilmiş lastikle doldurması ile gerçekleşir. Son aşama uçların titreşimini azaltıp onların sabit pozisyonunu korumasını sağlamak içindir.

Bazı yüksek kaliteli müzik kutuları, yüksek seviyeli tarak hassasiyetinden dolayı, davulu yatay kaydırarak birden fazla şarkı kaydedebiliyor olurlar.

Düşük maliyetli hale getirmek ve seri üretimini yapmak adına tunç davul üzerine demir tel dişleri geçirerek, düz kalıba sıcak metal baskı uygulanıp, çıkan ürünü bir bobin üzerinde sarılarak elde edilir. Bu yöntem, baskının kalitesine bağlı kalsa da yine de yukarıdaki yönteme göre kıyaslanamaz şekilde performans düşüşü göstermektedir.

Yukarıda bahsettiğim üretim aşamaları özel donanımlara ve alet ekipmanlarına ihtiyaç duyar. Klasik üretim tekniği seri üretime uygun olup yüksek kalite verse de, istediğimiz şarkıyı hızlı ve az maliyetle üretme şansımız yoktur. Bu yüzden benim ürettiğim çözüm müzik kutusunun şarkı davulunu 3 boyutlu yazıcıyla evdeki şartlarda basıp değiştirilebilmesini sağlamaktadır. Belki de ileride bu yazıcılar geliştirilir ve yaptığı şarkı davulları seri üretilmiş olanlarla eşit kalite seviyesine gelebilir.

## 1.2. 3 Boyutlu Yazıcı Hakkında Genel Bilgi ve Ptojeye Katkı

### 1.2.1. 3 Boyutlu Yazıcı Nedir

3D yazıcılar, günlük işleri yapabilen yeni nesil makinelerdir. Çok dikkat çekerler çünkü hepsi de aynı makineden ve farklı malzemelerden, farklı nesneleri üretebilirler. Bir 3D yazıcı, seramik bardaklardan plastik oyuncaklara, metal makine parçalarından, kumtaşı vazolara, süslü çikolatalı keklerden ve hatta (gelecekte olabileceği gibi) insan vücudunun parçalarına kadar her şeyi yapabilir. Ev tipi mürekkep püskürtmeli yazıcıların mürekkep şişeleri, bir matbaa ve bir kurutma rafı yerini aldıkları gibi, 3D yazıcılar geleneksel fabrika üretim eşyalarının şekillendirilmesini tek bir makineyle değiştirmiştir.

### 1.2.2. 3 Boyutlu Yazıcı Teknolojinin Çeşitleri

Eklemeli Üretim (Additive Manufacturing) veya 3D yazıcı, katman katman üzerine malzeme ekleyerek 3 boyutlu nesneler üreten teknolojilerin tanımlanması için kullanılan bir terimdir. Malzemeler teknolojiye teknolojiye değişebilir. Ancak, özel 3D (3 boyutlu) modelleme yazılımı ile birlikte bilgisayar kullanımı gibi tüm Eklemeli Üretim türleri için bazı ortak özellikler vardır. Bu süreci başlatmak için yapılacak ilk şey model taslağı oluşturmaktır. Daha sonra EÜ cihazı, taslak dosyasındaki verileri okur ve plastik, sıvı, toz filamentler katman katman bir yapı oluşturur.

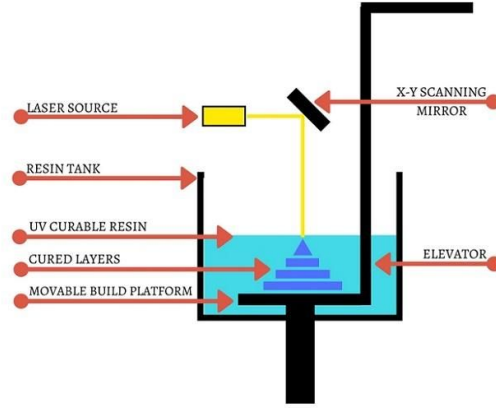
Katkı Üretimi terimi, Hızlı Prototipleme (Rapid Prototyping), Doğrudan Dijital Üretim (Direct Digital Manufacturing), Katmanlı Üretim ve 3D Baskı gibi teknolojiler içerir. 3D yapıları ve nesneleri oluşturmak için geliştirilen farklı 3D baskı yöntemleri vardır.

Aşağıda, 3 boyutlu baskı üretiminde kullanılan teknolojiler sıralanmıştır:

Stereolithography (SLA) Stereolitografi

Digital Light Processing (DLP) Sayısal Işık İşlemesi  
 Fused Deposition Modeling (FDM) Füzyonla Tortulu Modellemesi  
 Selective Laser Sintering (SLS) Selektif Lazerle Kalıba Basma  
 Selective Laser Melting (SLM) Lazerle Selektif Eritmesi  
 Electronic Beam Melting (EBM) Elektronik Parçacık Eritmesi  
 Laminated Object Manufacturing (LOM) Laminasyon Nesne Üretimi

### 1.2.2.1. Stereolithography (SLA)



Şekil 1.5. SLA teknoloji çalışma prensibi.

Stereolitografi, nesnelerin 3D baskısını içeren projelerinizi uygulamak için kullanılabilecek bir 3D baskı yöntemidir. Bu yöntem, 3D baskı tarihindeki en eski olanı olmasına rağmen, günümüzde hala kullanılmaktadır. Bu yöntemin fikri ve uygulaması muhteşem. İster mekanik bir mühendis olun, parçanın tasarımına uygun olup olmadığını doğrulaması gereken bir kişi, ister yeni gelen bir projenin plastik bir prototipini yapmak isteyen tasarımcı olun, Stereolitografi sizin modellerinizi gerçek bir 3D baskılı nesneye dönüştürmenize yardımcı olabilir.

Bu yöntemin, 1986 yılında 3D Systems, Inc.'in kurucularından Charles Hull tarafından patenti alınmıştır. Baskı işlemi, sıvı plastiği katı 3D nesnelere dönüştüren, stereolitograf cihazı (SLA) olarak adlandırılan benzersiz şekilde tasarlanmış bir 3D baskı makinesini kapsar.

Çoğu 3D baskı tekniği, nesneyi işlemek için bilgisayar ortamındaki tasarım (CAD) dosyası gerektirir. Bu dosya, bir nesnenin boyutsal gösterimi hakkında bilgi içerir. CAD dosyası, bir baskı makinesinin anlayabileceği bir biçime dönüştürülmelidir. Stereolitografi ve diğer katkı üretim süreçleri için yaygın olarak kullanılan Standart Tessellation Language (STL) formatı vardır. Tüm süreç boyunca, baskı makinesinin kullandığı katman ile katmandan sonrasıyla birlikte, katman bilgilerine sahip olmalıdır.

### 1.2.2.2. Fused Deposition Modelling (FDM)

Kaynaştırılmış çökeltilmiş modelleme (FDM) teknolojisi ilk kez 1980'lerde Scott Crump, Stratasy Ltd. kurucusu tarafından geliştirilmiş ve uygulanmıştır. Diğer 3D baskı şirketleri benzer teknolojileri farklı adın altında taklit etmiştir. Günümüzde, tanınmış bir

firma olan MakerBot, Fused Filament Fabrication (FFF Kaynaştırılmış Filament İmalatı – FFF) adı verilen neredeyse özdeş bir teknoloji geliştirdi.

FDM Teknolojisini kullanan 3 boyutlu baskı makineleri, termoplastik filamanın ısıtılması ve ekstrüzyonu (extrusion) yöntemiyle en alttan katman katman nesne oluşturur. Tüm süreç biraz stereolitografiye benzer. İlk olarak özel yazılım CAD modelini katmanlara ayırır ve yazıcının ekstrüdüörünün (extruder) her katmanı nasıl oluşturacağını hesaplar. Termoplastik için bir yazıcı da destek malzemelerini çıkarabilir. Daha sonra yazıcı, erime noktasına kadar termoplastik malzemesini ısıtır ve nozül (nozzle) boyunca taban üzerine ekstrüze eder (bastırarak eritir), bu da hesaplanan yol boyunca bir inşa platformu veya bir masa olarak da adlandırılabilir. 3 boyutlu yazıcının bir bilgisayarı bir nesnenin boyutlarını X, Y ve Z koordinatlarına çevirir ve baskı sırasında nozül ve tabanı hesaplanmış yolu takip eder. Üst tabakayı desteklemek için yazıcı, baskı tamamlandıktan sonra çözülebilecek özel malzemenin altına yerleştirilebilir.

İnce plastik tabaka, onun altındaki tabakaya bağlandığında, soğur ve sertleşir. Katman bittiğinde ise taban, bir sonraki tabakanın oluşturulmasına başlamak için indirilir. Yazdırma süresi, yazdırılan bir nesnenin boyutuna ve karmaşıklığına bağlıdır. Küçük nesneler hızlı bir şekilde basılabilirken, daha büyük veya daha karmaşık parçalar daha fazla zaman gerektirir. Stereolitografiyle kıyaslandığında bu teknik, işlemede daha yavaştır. Baskı tamamlandığında, destek malzemeleri su ve deterjan solüsyonuna yerleştirilerek veya destek malzemesi elle kopararak kolayca sökülebilir. Daha sonra nesneler zımparalanabilir, boyanabilir veya kaplanabilir.

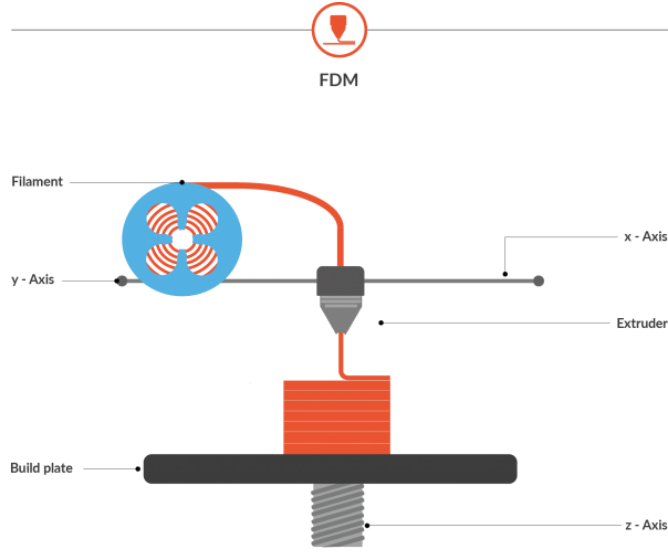
Günümüzde FDM teknolojisi, Hyundai ve BMW gibi otomobil şirketleri veya Nestle gıda şirketleri gibi çeşitli sektörlerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. FDM, yeni ürün geliştirme, model konsepti prototipleme ve hatta üretim geliştirme için kullanılmaktadır. Bu teknolojinin kullanımı basit ve çevre dostu olarak kabul edilir. Bu 3D baskı yönteminin kullanımıyla karmaşık geometrik figürler ve boşluklarla nesneler oluşturmak mümkün hale gelmiştir.

Parçaları yazdırmak için farklı türde bir termoplastik kullanılabilir. Bunların en yaygın olanları ABS (akrilonitril bütadin stiren) ve PC (polikarbonat) filamentlerdir. Suda çözünür balmumu veya PPSF (polifenilsülfon) dahil olmak üzere çeşitli örneklerde destek malzemeleri de bulunmaktadır.

Bu teknoloji kullanılarak basılan parçalar, prototiplerin test edilmesinde kullanılan baskı parçalarının kullanılmasına izin veren çok iyi ısı ve mekanik dayanıklılığına sahiptir.

FDM son kullanım ürünleri, özellikle küçük detaylı parçalar ve özel üretim araçlarını üretmek için yaygındır. Bazı termoplastikler gıda ve ilaç ambalajlarında bile kullanılabilir. Ayrıca FDM, tıp endüstrisinde popüler bir 3D baskı yöntemi haline gelmiştir.

Bu 3D yazıcıların fiyatı, ebat ve modele göre değişir. Profesyonel olanlar genellikle 10.000 \$ ve daha fazla paraya mal olurlar. Ev kullanımı için tasarlanan 3D yazıcılar çok pahalı olmamaktadır. MakerBot'un Replicator, Stratasys'in Mojo modelleri gibi birkaç model bulunmakta. Bu modellerin fiyatı 1.200 \$ ile 10.000 \$ arasında değişmektedir. Bununla birlikte, yeni başlayanlar için FDM, 3D yazıcıların daha uygun fiyatlı sürümlerini sunmaktadır ve fiyatı yaklaşık olarak 300-400 \$ arasında değişebilmektedir.



Şekil 1.6. FDM katman koyarak baskı uygulayan teknoloji.

### 1.2.3. STL Dosya Sözdizimi

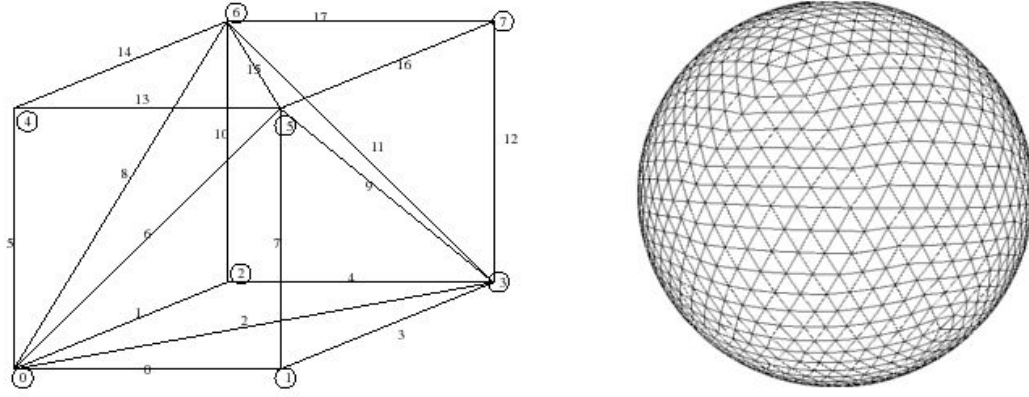
#### 1.2.3.1. STL Dosyası Nedir

Özetle, bir STL dosyası 3D modeller hakkında bilgi depolar. Biçim, doku veya diğer ortak model niteliklerini temsil etmeden yalnızca üç boyutlu bir nesnenin yüzey geometrisini tanımlar. Bu dosyalar genellikle 3D modelleme sürecinin bir son ürünü olarak bilgisayar destekli tasarım (computer-aided design - CAD) programı ile üretilir. “.STL”, STL dosya formatının uzantısıdır. STL dosya formatı 3D baskı için en yaygın kullanılan dosya formatıdır. Bir 3D dilimleyici ile birlikte kullanıldığında, bir bilgisayarın 3D yazıcı donanımıyla iletişim kurmasını sağlar. Basit bir STL dosya formatı diğer birçok CAD yazılım paketi tarafından benimsenmiş ve desteklenmiştir. Bugün hızlı prototipleme, 3D baskı ve bilgisayar destekli üretim için yaygın olarak kullanılmaktadır. Amatörler ve profesyoneller STL dosyalarını benzer şekilde kullanırlar.

#### 1.2.3.2 STL Dosyanın 3 Boyutlu Tasarımı Saklama Yöntemi

Dosya uzantısının gerçek anlamı .STL, zamanın sislerinde kaybolmuştur. Sıklıkla "Standart Üçgen Dil" (Standard Triangle Language) veya "Standart Mozaik Döşeme Dili" (Standard Tessellation Language) olarak kullanılsa da, yaygın olarak STereoLithography kelimesinin kısaltması olduğuna inanılmaktadır.





Şekil 1.7. STL dosyasının içerdği nokta koordinatlarının arasına eklenmiş çizgiler.

STL dosya formatının temel amacı, bir 3D nesnenin yüzey geometrisini kodlamaktır. Bu bilgiyi “mozaikleme” (tessellation) adı verilen basit bir kavramı kullanarak kodlar. Mozaikleme, bir yüzeyde üst üste binme ya da boşluk bulunmayacak şekilde bir veya daha fazla geometrik şekil ile döşeme işlemidir. Döşenmiş bir zemini ya da duvarı gördüyseniz, bu, mozaikleme için bir gerçekleştirme örneği olmaktadır. Mozaikleme, basit geometrik şekiller veya karmaşık (aynı zamanda yaratıcı) şekilleri içerebilmektedir.

1987'de Chuck Hull, ilk stereolitografik 3D yazıcıyı icat etmiştir ve The Albert Consulting Group for 3D Systems(3D Sistemler için The Albert Consulting Grubu), 3D CAD modelleri hakkındaki bilgileri 3D yazıcıya aktarmanın bir yolunu bulmaya çalışmışlardır. Bu bilgiyi kodlamak için ise 3D modelinin yüzeyinde mozaik döşeme yöntemini kullanabileceklerini fark etmişlerdir.

Temel fikir : 3 boyutlu modellerin, 2 boyutlu dış yüzeyini küçük üçgenler (“fasetalar” olarak da adlandırılır) kullanarak mozaik döşeme yapılarak bir dosyadaki yüzeyler hakkında bilgi depolamaktır.

Bu sistemin nasıl çalıştığını anlamak için birkaç örneğe bakalım. Örneğin, basit bir 3D küpünüz varsa, bu, aşağıdaki resimde gösterildiği gibi 12 üçgenle kaplanabilmektedir. Görüldüğü gibi, yüzey başına iki üçgen bulunmaktadır. Küpün 6 adet yüzü olduğundan, 12'ye kadar üçgen ekler. Bir küre 3D modeliniz varsa, aynı görüntüde gösterilen birçok küçük üçgenle kaplanabilmektedir.

### 1.2.3.3. Fasetaların Bilgisi Nasıl Tutulur

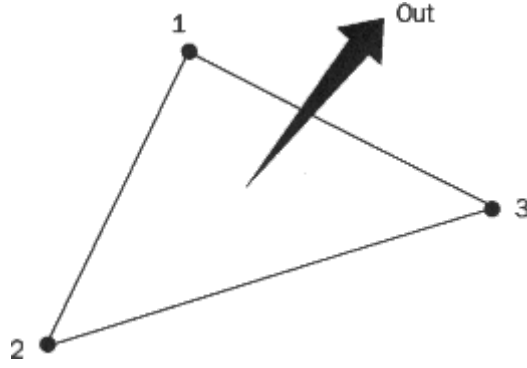
STL dosya formatı, nesne yüzeyini kirlüten üçgen yönler hakkında bilgi depolamanın iki farklı yolunu sunmaktadır. Bunlar; ASCII kodlaması ve ikili kodlama olarak adlandırılır. İki biçimde de, her üçgenin aşağıdaki bilgileri saklanmaktadır:

Köşe koordinatları,

Üçgenin birim normal vektörü.

(Normal vektörü, 3D modele göre dışarıya işaret etmelidir)





Şekil 1.8. STL dosyasında saklanan üçgenin normali.

#### 1.2.3.4. ASCII STL Uzantısının Özel Sözdizimi

STL dosyanın ASCII sözdizimi ikili sözdizimle kıyaslanınca, ASCII kuralının tek avantajı daha okunaklı olmasıdır. MaggyBox Müzik Kutusu projesinde ASCII sözdizimini kullanıldığı için, daha karmaşık olan ikili sözdizimi yöntemini incelemeden direkt ASCII sözdizimi kurallarından bahsedilecektir.

ASCII STL dosyasının birbirine yapışık üçgenlerin köşe koordinat bilgisini tuttuğu bilinmektedir. Bunun için dosya başında cisim üretmek için aşağıdaki satırla başlanmaktadır:

```
solid <cismin_adi>
```

Peşinden fasetaların birim vektör değerleri ve altına o birim vektörüne ait olan değerleri içeren fasetalar ve içerisinde koordinatları olan üç kenar gelmektedir:

```
facet normal nx ny nz
  outer loop
    vertex v1x v1y v1z
    vertex v2x v2y v2z
    vertex v3x v3y v3z
  endloop
endfacet
```

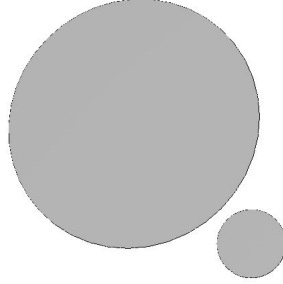
#### 1.2.3.5. STL Dosyasından 3 Boyutlu Baskının Gerçekleştirilmesi

MaggyBox projesinde geliştirilmiş uygulamada hazırlanan tasarım STL dosya formatında saklanmaktadır. Çıktı olarak verilen dosya tasarımı, müzik kutusu davulunun üzerine kaydolmuş şarkıyı içerir. Davul üzerinde dişlerin konumlandırılması müzik örneğinden sağlanır. Hazır davul tasarımı birkaç dakikada 3 boyutlu yazıcı ile basılabilir. Bu davul prototipini müzik kutusuna yerleştirip, melodiyi dinlemeye başlayabilirsiniz.

FDM yazıcıyla pürüzler, malzeme ve hassasiyet sınırları yüzünden müzik kutusundan temiz ses çıkmayabilir ama daha yüksek seviyeli yazıcılar bu sorunu ortadan kaldırabilirler: SLA, EBM türleri gibi.



## 2.2. Üçgenlerden Silindirik Cisim Oluşturma

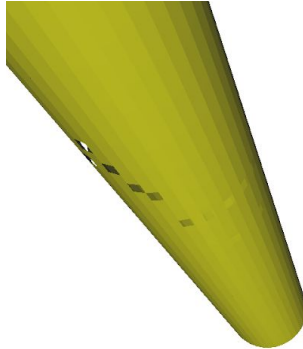


Şekil 2.2. Silindirin alt ve üst kısmı (kırkşar üçgenle).

Bir 3 boyutlu koordinat sisteminin merkezi etrafında, ortak merkez noktası olan üçgenlerden oluşmuş bir daire çizildi. Bu daire davulun üst kapağını oluşturmaktadır. Alt kapak ise dairenin z koordinatının kopyasını silindirin boyu kadar arttırarak oluşturulmaktadır.

## 2.3. Pinlerin Şarkının Matrisine Göre Konumlandırılması

Her müzik kutusunda, davulun tarağına vuran, pin adında bir çıkıntı bulunmaktadır. 3 Boyutlu tasarımın ve baskının eksiklerini kapatmak adına, zor kırılabilen bir üçgen pin tasarımı eklenmiştir. Bu pinlerin konumu matrisin verilerine göre belirlenmektedir. Silindirin alt kapağından üst kapağına kadar uzanan üçgenler, silindirin görünümünü tamamlamaktadır. İstisnalı durumlarda (yani konum değerinin 1 olması) pinin konumu, 1 değerinin konumu olmaktadır. Aynı zamanda pinin olduğu yerde çıkıntı oluşturulmalıdır. Bu durumun çözümü ise şu şekilde olmaktadır: Her matris satırı okunduğunda, değeri 1 olan konumda silindirin duvarında kare bir boşluk bırakılmalıdır. Sonrasında, karelerin etrafı 6 adet üçgen ile sarılmalıdır.

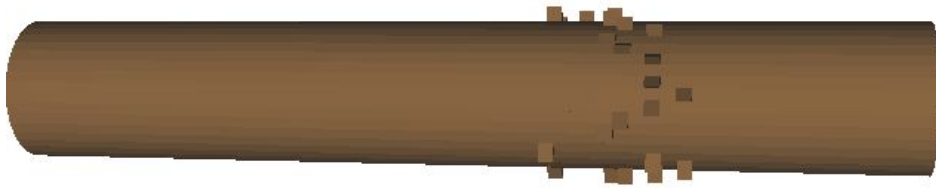


Şekil 2.3. Silindirin çıkıntıları için ayrılmış kare şeklindeki boşluklar.

Önceki aşamalarda silindirin içine boşluk açılmadan, bir küp veya daha küçük bir silindir yerleştirilmeye çalışıldığında, program doğru sonuç vermemiştir. Çünkü bu durum STL kurallarına aykırıdır.

## 2.4. Sonuç

Sonuç olarak elde edilen tasarım, 3 boyutlu baskıya hazır, STL ASCII söz dizimine sahip bir tasarımdır. Tasarımı 3D yazıcıya aktardıktan sonra yazıcı davulunu çıkartmış olur.



Şekil 2.4. MaggyBox programının ürettiği müzik kutusu tasarımı (Şarkı: Frare Jacques).

Bu projenin çalışır halini görmek için 3D yazıcıdan çıkan bu plastik davulu gerçek müzik kutusuna yerleştirmek gerekmektedir. Her şarkı davulu her müzik kutusuna uygun olmadığı için MaggyBox projesinde müzik kutusu mekanizması baştan tasarlanmalıdır. En zor kısım tıraşın dişlerinin uzunluğunu ayarlamak olacaktır. Tıraşın dişlerinin uzunluğu ses tonuna etki eder ve yanlış bir değer yanlış veya kusurlu notayı çıkartmış olacaktır. Bunun dışında plastik baskı aşınabilir malzemeden yapılmış olacağı için, müzik aletinin özel şarkı davulu uzun süre kullanılamaz hale gelecektir.

## KAYNAKLAR

1. <https://www.3d-baski.com/3d-yazici-nedir/>, 3D yazıcı nedir, 11 Kasım 2018
2. <https://www.youtube.com/watch?v=PJ-0TMfX4FY>, Reuge 72 note, 15 song music box, 10 Kasım 2018
3. <https://www.youtube.com/watch?v=ybUZlO75ZPg>, How Its Made - 627 Cylinder Music Boxes, 10 Kasım 2018
4. [https://www.youtube.com/watch?v=COty6\\_oDEkk](https://www.youtube.com/watch?v=COty6_oDEkk), How a Wind Up Music Box Works, 10 Kasım 2018
5. <http://www.littlehousejewellery.co.uk/wood-record-machine-phonograph-music-box-creative-gift-for-a-friend-family-birthday-gift-christmas-presentswan-b075mfn5vg-p-38.html>,
6. <http://www.ncheatingloss.org/freq.htm?fromncshhh>,
7. <https://www.britannica.com/art/music-box>,
8. <https://www.nidec-sankyo.co.jp/orgel/e/orgel.html>, 9 Kasım 2018
9. <https://www.thoughtco.com/inventing-musical-instruments-1992156>, 8 Kasım 2018
10. <https://owlcation.com/humanities/Muses-Nine-Goddesses-of-Greek-Mythology>, 8 Kasım 2018
11. <https://www.nidec-sankyo.co.jp/orgel/e/orgel.html>, 11 Kasım 2018
12. <https://www.3d-baski.com/3d-baski-teknolojisi/>, 11 Kasım 2018
13. <https://all3dp.com/what-is-stl-file-format-extension-3d-printing/>, 20 Ekim 2018
14. <https://people.sc.fsu.edu/~jburkardt/data/stla/stla.html/>, STLA Files, 28 Ekim 2018
15. <https://druckwege.de/en/home-en/technology/fused-deposition-modelling-fdm>, Fused Deposition Modelling (FDM), 2 Ocak 2018
16. <https://manufactur3dmag.com/stereolithography-sla-3d-printing-works/>, How Stereolithography (SLA) 3D Printing Works, 2 Ocak 2018
17. <http://mathworld.wolfram.com/Sine.html>, 29 Ekim 2018
18. <https://www.programiz.com/c-programming/c-file-input-output>, 29 Ekim 2018
19. [https://www.tutorialspoint.com/c\\_standard\\_library/c\\_function\\_sin.htm](https://www.tutorialspoint.com/c_standard_library/c_function_sin.htm), 29 Ekim 2018
20. [http://webhotel4.ruc.dk/~keld/teaching/CAN\\_e14/Readings/How%20to%20Compile%20and%20Run%20a%20C%20Program%20on%20Ubuntu%20Linux.pdf](http://webhotel4.ruc.dk/~keld/teaching/CAN_e14/Readings/How%20to%20Compile%20and%20Run%20a%20C%20Program%20on%20Ubuntu%20Linux.pdf), 29 Ekim 2018

## STANDARTLAR ve KISITLAR FORMU

Projenin hazırlanmasında uyulan standart ve kısıtlarla ilgili olarak, aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Projenizin tasarım boyutu nedir? (Yeni bir proje midir? Var olan bir projenin tekrarı mıdır? Bir projenin parçası mıdır? Sizin tasarımınız proje toplamının yüzde olarak ne kadarını oluşturmaktadır?)

Benzer proje internette açık kaynak olarak paylaşılmamıştır. Başka bir projenin tekrarı değildir.

2. Projenizde bir mühendislik problemini kendiniz formüle edip, çözdünüz mü? Açıklayınız.

Hazır Ubuntu bilgisayar sürücüsü olmayan CASIO 3200 dijital piyanoya sürücü yazılmıştır. Bunun sayesinde USB yolu üzerinde veri alıp sonrasında kullanılabilir matris çıktısı olarak alınmıştır. Matrisi kullanarak tasarlanmış STL dosyasının silindirin tasarımı kolay da görünse, matris girişine göre davul pinlerin tasarımda çıkıntı yaratması geometrik ve algoritmik hesapları gerektirdi.

3. Önceki derslerde edindiğiniz hangi bilgi ve becerileri kullandınız?

Sistem Programlama dersin terminal komutları; dosya derleme, çalıştırma, güncelleme komutları.

4. Kullandığınız veya dikkate aldığınız mühendislik standartları nelerdir? (Proje konunuzla ilgili olarak kullandığınız ve kullanılması gereken standartları burada kod ve isimleri ile sıralayınız).

5. Kullandığınız veya dikkate aldığınız gerçekçi kısıtlar nelerdir? Lütfen boşlukları uygun yanıtlarla doldurunuz.

a) Ekonomi

Dikkate alınmadı.

b) Çevre sorunları:

3D yazıcıların kullandıkları malzemelerin çoğu hızlı geridönüşüme sahip.

c) Sürdürülebilirlik:

Geliştirilmiş versiyonda aynı anda bir kaç müzik tuşu basılamamaktadır. Geliştirilme devam edildiği takdirde farklı yazıcılara ayarlanabilir, bir kaç şarkı içeren davul hazırlanabilir.

d) Üretilbilirlik:

Bu projenin gerçeğe dökülmesi için 3D yazıcı ve dijital piyanodan alınabilir matrise ihtiyaç vardır.

e) Etik:

f) Sağlık:

g) Güvenlik:

h) Sosyal ve politik sorunlar:

