



Eğitim Amaçlı Silah Sistemi 3D Modellerin Geliştirilmesi

Mustafa Bozdemir

Kırıkkale Üniversitesi, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Kırıkkale, 71450

ÖZET

Yeni teknolojilere sahip stratejik silah sistemlerinin tasarımı, milli savunmamız ve ülke menfaatlerimiz için çok önemlidir. Silah tasarım işleminin karmaşık ve sistem değişkeninin fazla olması nedeniyle, silah ve balistik dersi verilen kurumlarda eğitim sırasında bazı zorluklar yaşanabilmektedir. Bu çalışmada, silah sistemlerin tasarım eğitimi için geliştirilecek sistematik bir tasarım modeli ele alınacaktır. Bu eğitim modeline ait görsel 3 boyutlu silah modelleri 3D yazıcılar kullanılarak imal edilecek, en karmaşık mekanik sistemlerden birisi olduğu bilinen silah sistemlerinin tasarım eğitiminde kullanılacaktır. Geliştirilecek 3 boyutlu silah ve tasarım modelleri sayesinde, silah sistemlerinin tasarım eğitimi için gerekli eğitim süresi azaltılarak daha etkili bir eğitim ortamı sağlanmasına yardımcı olunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Silah sistemleri, sistematik tasarım, 3D imalat, tasarım bilgi tabanı.

1 GİRİŞ

Teknolojiye hâkimiyet, uluslararası rekabeti tetikleyen ana unsur olarak askeri alanda önemli bir güç odağı olmuştur. Son dönemde askeri sistemlerin teknoloji odaklı gelişimi ve sivil alandaki teknolojilerin askeri uygulamasının giderek artmasıyla, güvenlik ve savunmanın ana eksenini teknoloji ve bilgi üstünlüğüne oturtmuştur. Bu alandaki üstünlük, teknoloji yönetiminde benimsenen akılcı ve sürdürülebilir politikalarla mümkün olmakta ve bu amaçla izlenen politikalar ve yapılan Ar-Ge harcamaları, askeri üstünlük ve caydırıcılığın önemli bir göstergesi olarak kullanılmaktadır [1].

Silah sanayinde daha önceleri geleneksel olarak ayrı üretilen ürünlerin yerine bunların bütünleştirilmesinden oluşan sistemler ön plana çıkmaktadır. Bu eğilim, doğal olarak gelecekte de ülkeleri geniş bir yelpazeyi oluşturan savunma amaçlı çok çeşitli ürünleri kendi kaynakları ile üretmek ve sürekli geliştirmek zorunda bırakacaktır. Sektördeki ürünlerin olgunlaşma döneminin giderek kısalmasına paralel olarak yenilik ve yaratıcılığa dayalı yeni teknolojilerin geliştirilmesi, dünyada rekabet edebilmenin bir ön koşulu haline gelmekte, ARGE faaliyetleri ve uzun dönemli yatırım politikalarının önemi gün geçtikçe artmaktadır [2].

Silahların çeşitli amaçlara ve mesleklere göre birçok tanımı yapıldığı gibi, bazı yasalarda kastedilen anlam ve kapsam da değişik olabilmektedir. İnsanların büyük bir çoğunluğunda silah denilince; sadece eşli silahın anlaşıldığı yolunda yaygın ve yanlış bir değerlendirmenin varlığı söz konusudur. Halbuki ateşli silahların yanında, daha bir çok alet, araç ve gerecin de silah kapsamına girdiğini bilmeliyiz. Ancak tüm silah yapıların ve sistemlerin ana yapısı incelendiğinde, silahların tasarımı ve balistik incelenmesi konuların hep gündemde olduğu görülmektedir. Silah tasarımı ve balistik kavramı birbirinden ayrılamayan ve tamamlayan iki ana çalışma alanıdır. Balistik, iç balistik, dış balistik ve hedef balistiği olarak üç ana bölüme ayrılır. İç balistik, barutun patlamasıyla oluşan itme gücü sonrasında merminin silah namlusundan çıktığı ana kadar geçen sürede, namlu basıncı, yolu ve hızının incelenmesini içerir. İç

balistik teorisi silah sistemlerinin tasarım parametrelerinin tahmin etmede ve özel şartlar altında yeni silah sistemlerinin tasarımında kullanılır [3].

İç balistik konusunda yapılan deneylerin zor ve pahalı olması matematiksel modellemeleri çok önemli hale getirmektedir. Bir silahın iç balistiğinin yapıldığı sırada geçen toplam süre sadece milisaniyeler sürmektedir. Dahası bu kısa süre sırasında namlu içinde basınç 400 MPa ve sıcaklık 3000 K aşabilmektedir. İç balistik deneyleri sırasında genellikle test namluları kullanılır. Bu deneylerde mermi hızı, maksimum basınç ve namlu içi basınç dağılımları ölçülebilmektedir [4]. Bir silahın iç balistik hesaplamalarında deneysel metotlar kullanmak doğru sonuçlar bulmada etkilidir. Yapılan deneysel ölçümlerle formüllere dayalı tekniklerinin birlikte kullanılarak yapılan hesaplamalar yaklaşık benzer sonuçlar bulmaya başladığında, hesaplama yöntemi kullanmak daha pratik olacaktır [5].

Yapılan silah tasarımları ve bunlara ait balistik hesaplamalar nihai sonuca ulaşmada birbirini tamamlamaktadır. Tasarım işlemi için iç-dış balistik hesaplamalar namlu boyutlandırması için çok önemlidir. Tasarım işlemi silah çalışmalarında vazgeçilmez unsurlardan birisidir. Tasarım kelime anlamı olarak fikir, kavram ve bir soruna uygun çözüm bulmak olarak kısaca özetlenebilir[6].

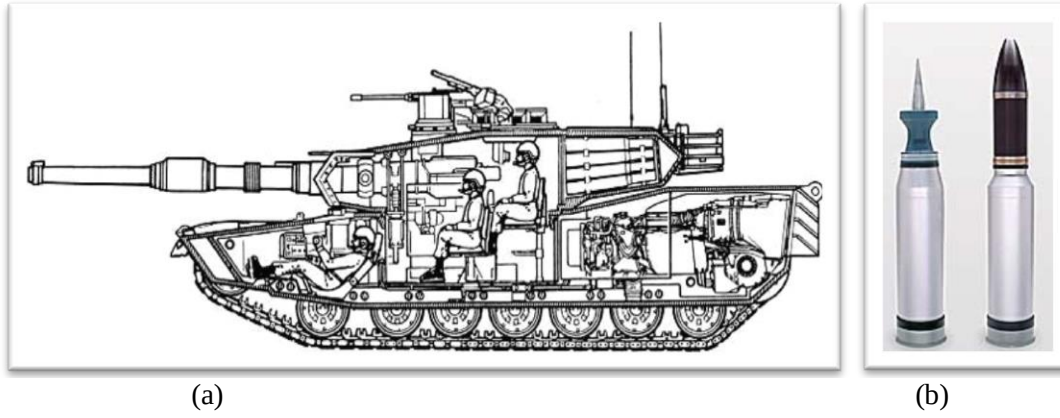
Klasik tasarım tekniklerindeki eksiklerin görülerek, düzeltilmesi için tasarım işleminin formüle edilmesine yönelik ilk çalışmalar özellikle 2.Dünya savaşı sıralarına rastlar. Bundan sonraki zaman dilimlerinde sürekli gelişerek, yeni daha esnek temsil teknikleri olan tasarım yöntemleri üzerine araştırmalar yoğunlaşmıştır. Sistematik tasarımın günümüze kadar gelmesini Rodenacker, Roth, Koller, Pahl ve Beitz, Kusiak, Ehrlenspiel ve John gibi araştırmacıların geliştirdikleri tasarım teknikleri sayesinde olmuştur[7].Sistematik tasarım teknikleri modern tasarım olarak da adlandırılabilir. Öğrencilerin yada tasarımcıların kişisel beceri yada tecrübelerine gerek kalmadan, tasarım işlemini bilimsel ve formüle edilebilen işlemlere bölmektedir. Bu sayede öğrenci yada tasarımcının bilişse, duyuşsal veya devinsel giriş davranışları tasarım işlemi içerisinde değerlendirilebilmektedir. Ayrıca bu tasarım öğretim yönteminde değerlendirme aşamasında bilgisayar teknolojileri de kullanılmaya başlanmıştır. Böylece, tasarım eğitiminde bilgisayarların teknolojilerini kullanmak zorunda kalmışlardır. Yeni bilgi teknolojilerinin geleneksel gereçlerden daha karmaşık olması onların kullanım yollarını artırdığı gibi kullanım zorluğunu da artırmaktadır[8]. Üç boyutlu ve doğrudan etkileşilebilir görsel elementleri ağır basan sanal gerçeklik yazılımları öğretim için, benzeşim ve çoklu ortam yazılımlarından daha fazla avantaja ve özelliğe sahiptir[9]. Fakat çoklu ortamlarda, bilgi temsillerinin işleniş sırası, şekli ve ilişkilerin belirginleştirilerek verilmesi durumunda bu tür yazılımlar başarılı olabilmektedir[10]. Bu nedenle sistematik tasarım teknikleri kullanılarak yapılacak bilgisayar uygulamalarında başarının artırılması amacıyla tasarım işleminin sistematik basamaklarına ve ana fonksiyon yapılarına uyum sağlanmalıdır. Mekanik sistemlerin ve silah sistemlerinin sistematik tasarımı içerisinde elde edilen tüm bilgiler; fonksiyonlar, formüller, çizimler, grafikler, katı modeller vb. şekillerde temsil edilebilir. Tasarım esnasında problemin yapısına uygun seçilmeyen bir temsil biçimi kullanılacak olur ise, elde edilecek çözümün gerçekleştirilme başarısını etkileyecektir. Bilgi temsillerinin seçiminde tasarım işlemi merkezinde bulunan bilgisayar veya insan karar vericinin durumuna göre uygun bir seçim yapılmalıdır. Bilgisayar merkezli insan merkezli temsil modellerine doğu şu şekilde bir sıralama yapılabilir. Diller, geometrik modeller, graflar, objeler, bilgi modelleri ve görüntüler Bilgisayar merkezli bilgi temsillerinin en önemli özelliği olarak, verilerin çok hızlı şekilde işlenmesi ve uygun çözüm için muhakeme etmesi söylenebilir. İnsana yönelik olan bilgi temsillerinde ise, ilgili temsil yöntemlerini kullanarak problemin çözümünde etkin rol oynayan tasarımcı insan olmaktadır [11].

Tüm bu teknikler incelendiğinde, silah tasarımı için bir sistematik yol oluşturulması, yeni model ve çözümlerin bulunması günümüzde bir yarış haline gelmiştir. Bu teknolojik üstünlüğü elde edebilmek amacıyla görsel ve anlaşılabilir eğitim teknikleri kullanmak patente değer çözümler bulmada etkili olmaktadır. Bu nedenle silah tasarımı problemine sistematik bir çözümle yaklaşan, formüle eden ve bunların bilgisayar ortamında 3 boyutlu modellendiği ve gerçek eğitim modellerinin oluşturulduğu bu çalışmada, eğitim kalitesi ve öğrenme düzeyinde başarı elde edilecektir.

2 SİLAH SİSTEMLERİ

Ateşli, ateşsiz, kimyasal, biyolojik ve nükleer silahların tümü, genel anlamda silah kelimesinin kapsamını oluşturmaktadır. Silah; “uzaktan ya da yakında canlıları öldürebilen, yaralayan, etkisiz bırakan, canlı organizmaları hasta eden, cansızları parçalayan, yok eden araç ve aletlerin tümüne” denir. Başka bir tanıma göre silah; “saldırıya da savunma amacıyla kullanılan düzenek, aygıt ve araçların” genel adıdır. Günümüzde silah sistemleri tasarımı konusunda yapılan çalışmalar çok farklılıklar göstermektedir.

Mermiye, ateşlenen barut gazıyla itici güç vererek hedefe ulaştırmaya yarayan aletlere ateşli silah denir[12]. Başka bir tanıma göre; mekanik bir kuvvetle içerisinde bulunan sert cisimleri belirli mesafelere kadar ulaştıran ve orada da bu sert cismin etkisiyle tahribat yaratan aletlere ateşli silah denir. Bu iki tanıma göre ateşli silah; özel şekil ve niteliği bulunan mermiyi barut gazı basıncı ile uzak mesafelere atabilen aletler olarak tanımlanır. Çeşitli vasıtalar yardımıyla veya birden fazla kişi tarafından kullanılan ağır ve tahrip gücü yüksek olan, namlu çapı 60 kalibreden (0,6 inç veya 15 mm) büyük olan uzun menzilli silahlardır[13]. Uçaksavar, havan, top, tank ve roket örnek olarak sayılabilir. Şekil 1.a’ da bir tankın içyapı sistemi ve tank bölümleri gösterilmiştir. Şekil 1.b’ de ise tank sistemlerinde kullanılan tank top mermisi örnekleri görülmektedir.



Şekil 1: a) Tank içyapısı b) Tank top mermisi [14,15]

Bireysel kullanılabilen tahrip gücü daha düşük olan silahlardır. Çalışma prensipleri, elle ilk başta kurulan bir mekanizma bir mermiyi fişek yatağına alır ve ardından tetiğe basıldığında horoz veya iğne fişğe çarpar ve fişğin içindeki barut ateşlenir. Barutun oluşturduğu basınçla çekirdek namlu içerisindeki yivler ve setler sayesinde dönerek çıkar ve hedefe gider[16]. Tabanca, tüfek örnek olarak sayılabilir.

Uzun namlulu hafif silahlar genellikle omuza dayalı olarak atış yapılan mekanizma, kundak, dipçik ve namlu olmak üzere dört ana parçadan oluşan silahlardır. Bunları savaş tüfekleri ve av tüfekleri olmak üzere iki başlıkta inceleyebiliriz. Savaş tüfekleri yiv ve setli olup, uzun menzil ve tahrip gücü yüksek olan silahlardır[17]. Av tüfekleri, kara avcılığı ve atış müsabakalarında kullanılan yivsiz silahlardır. Bir atışlı kırma, bir atışlı sürgülü, fişek hazneli pompalı doldurmalı, gizli horozlu yan yana iki namlulu kırma, üst üste iki namlulu kırma, otomatik atışlı gibi pek çok çeşidi vardır[18].

Tabancalar kısa namlulu ve çalışma prensiplerine göre gruplandırılan silahlardır. Tek atışlı, toplu, otomatik, yarı otomatik gibi çeşitleri vardır. Makineli tabancalar, hem yarı otomatik hem de otomatik atış yapabilen şarjör kapasitesi yüksek olan silahlardır[19].

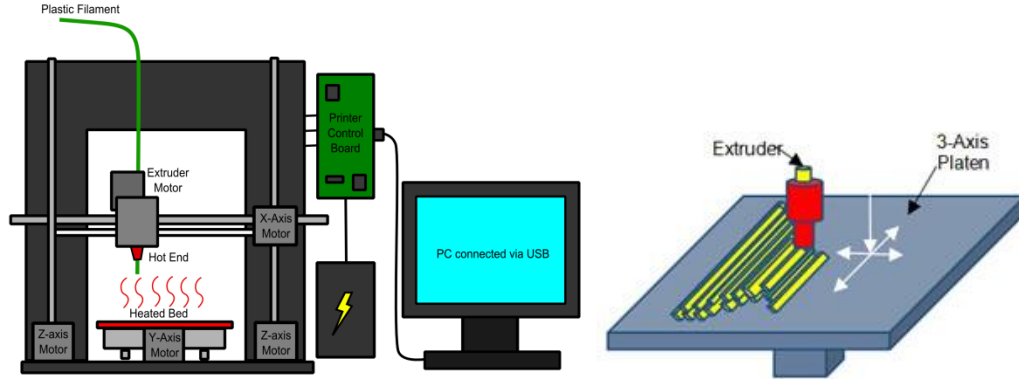
3. 3D YAZICI SİSTEMLERİ

3D Yazıcı bilgisayar üzerinde tasarlanmış ve ya 3 boyutlu olarak taranmış modelleri, bir çok farklı malzeme kullanarak çok hızlı ve ekstra bir kalıp yada fikstüre ihtiyaç duymadan üreten bir cihazlardır. FDM teknolojisi ile çalışan 3D Yazıcılar genellikle ABS ve PLA gibi termoplastik polimer malzemeler

kullanılmaktadır. Filaman formundaki malzeme yüksek sıcaklığa sahip bir nozül yardımı ile eritilerek katmanlar halinde inşa edilir.

Hızlı prototipleme teknolojisi, imalat uygulamalarında, medikal/dental implant yapımında, kavramsal modellemede, doğrudan döküm kalıbı ve parça üretiminde, hassas döküm tekniği ile metal parça ve prototip üretiminde, mimari uygulamalarda, uzay/otomotiv sanayinde, hızlı kalıp imalatında, eğitim amaçlı her türlü donanımın yapımında ve takı sektörü gibi bir çok alanda kullanılmaktadır. Bir hızlı prototip üretiminde ilk adım, herhangi bir CAD yazılımı ile veya bir lazer ya da optik bir tarayıcı yardımı ile tersine mühendislik yaparak parçanın 3D CAD modelinin oluşturulmasıdır. CAD yazılımları ile hızlı prototipleme makineleri arasında veri transferini sağlamak için bir veri ara yüzüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veri ara yüzü STL (Stereo Lithography) formatıdır [20]. Şekil 2 'de 3D yazıcı sistemi ve çalışma prensibi görülmektedir.

En yaygın kullanıma sahip olan üç boyutlu yazıcıların çalışma prensibi bilgisayar ortamında hazırlanmış herhangi bir üç boyutlu bir nesnenin sanal olarak katmanlara bölünmesine ve her bir katmanın eritilen hammadde dökülerek üst üste gelecek şekilde basılmasına dayanır. Üç boyutlu baskı teknolojisi 1980 li yıllarda başlamıştır. Buna rağmen 2010 yılından sonra adı daha fazla duyulmaya başlanmış ve günümüzde çok daha yaygın bir şekilde kullanılır hale gelmiştir. Bunun nedenleri olarak medyada daha fazla yer almaya başlaması, birçok sayıdaki girişimci firmaların bu teknolojiye yatırım yapması, akademik çevrelerin ilgi göstermesi, teknolojinin birçok alanda getirdiği kolaylıklar ve avantajların yanı sıra üretim maliyetlerinin düşmesi gösterilebilir. 2012 yılı itibarı ile üç boyutlu yazıcıların market hacmi 2.2 milyar dolara erişmiş ve 2011 yılına göre %29 lük bir artış göstermiştir. Üç boyutlu yazıcılar büyük oranda kendi parçalarını basabilir.



Şekil 2: Bileşimli yığma 3D yazıcı sistemi (FDM) [21]

Günümüz 3 boyutlu yazıcı teknolojisi bir çok farklı teknolojiyi kapsamaktadır. Bu teknolojiler, lazer sinterleme, fused deposition (bileşimli yığma), polimer kurlama gibi sıralanabilir. Yaygın kullanıma ve farklı tasarıma sahip olsa da temelde en çok kullanılan teknoloji "fused deposition modeling" tekniği ile çalışan cihazlardır. Bu teknikte bilgisayarda 3 boyutlu modeli bulunan cisim 2 boyutlu katmanlar halinde yığılarak 3 boyutlu ürün elde edilir. Bu prosesi gerçekleştirmek ise günümüz makine imalat sektöründe 3 eksenli bir CNC nin kontrolünden ibarettir. Kontrol kartı ve CNC ile iletişimde olacak bir yazılım ve malzeme yığma özelliğine sahip bir takımdır. FDM bir yazılım prosesi ile baslar, yazılım STL formatındaki modelleri matematiksel olarak katmanlara ayırır ve bu katmanları üst üste inşa etmek üzere 3 eksenli CNC kontrollü bir cihaza gönderir. Genellikle termoplastik malzemeler kullanılır. Termoplastik malzemeler termoset malzemeler ile karşılaştırıldığında defalarca eritilebildikleri ve belirli sıcaklık aralığında sıvılaşabildikleri için bu teknoloji için oldukça uygun malzemelerdir. Termoplastik malzemenin düzgün bir şekilde yığılabilmesi için erime sıcaklığına ısıtılmış bir nozuldan ekstrude edilmesi gerekmektedir. Bu nozul bilgisayar tarafından kontrol edilerek parça geometrisini simüle edecek şekilde hareket ettirilir ve termoplastik malzemenin yığılması ile beraber parça 2 boyutlu katmanlar halinde tablaya yığılır ve üretilmiş olur. Bu proses günümüzde en çok

hızlı prototipleme ve 3 boyutlu yazıcı alanlarında kullanılmaktadır. 3d printing, 3 boyutlu üretim, 3d yazıcı olarak da bilinir [22].

Hızlı prototipleme teknolojileri genel olarak karşılaştırılması ve bu karşılaştırma sonrasında elde edilen bulgular aşağıda sıralanmıştır [20].

- Uygulamada en yaygın kullanılan teknolojinin SLA olduğu görülmektedir. Bu yöntem yüksek doğrulukta, renkli parçalar üretebilmektedir. Ancak parçalarda çarpılma ve büzülme olabilmektedir. Metal model yapılamamaktadır.
- Mukavemetli parçalar yapılacağına SLS, FDM, EBM ve SDM teknolojileri tercih edilebilir. Özellikle SLS, EBM ve SDM teknolojileri metal model üretimini mümkün kılmaktadır.
- Büyük boyutlu modeller üretileceğinde LOM tercih edilir. Ancak modellerin mekanik özellikleri iyi değildir. MJM ve 3DP yöntemleri basit ve kolay kullanılabilen sistemler olup üretim hızları yüksektir.
- MJM sistemlerinde üretilen modellerin yüzeyleri daha düzgündür. 3DP sistemleri ile renklendirme yapılabilir.
- FDM, 3DP ve Polyjet sistemleri ofis ortamında rahatlıkla kullanılabilir. SGC sistemleri ise kütsel olarak ağır, büyük boyutlu olup ve bakım maliyetleri yüksektir.
- Fonksiyonel model üretiminde SLS, SLA, FDM, EBM ve SDM sistemleri avantaj sağlamaktadır.
- Hareket edebilen ve çok parçadan oluşan modellerin üretiminde FDM ve SGC yöntemleri ön plana çıkmaktadır.

4. GELİŞTİRİLEN MODELİN YAPISI

Öğretim teknolojileri kullanarak öğretim materyalleri geliştirme ve mevcut öğretim materyallerini değerlendirme becerilerinin kazandırılması önemli bir etkinliktir. Öğretim materyalleri, öğretme öğrenme sürecinde öğrenmeyi kolaylaştırıp daha kalıcı ve verimli bir öğretim yapmak için kullanılırlar. Öğretim materyalleri, öğrencileri motive eder ve öğrenciler için bilgiye erişim ve değerlendirme olanağı sağlayarak onların ders çalışmalarını tetikler [23]. Öğretim materyalleri, eğitimin niteliğini artırmada önemli bir öğedir. Etkin olarak hazırlanan bazı öğretim materyallerinin öğretim ortamında öğretmenin gösterdiği tüm etkinlikleri (dikkat çekme, bilgiyi sunma, ipucu, katılım, alıştırma ve tekrar yaptırma, dönüt sağlama, düzeltme ve değerlendirme) gösterebileceğini belirtmektedirler. Öğretim materyalleri öğretmenin yerini alacak bir seçenek olmamakla birlikte, konuyu öğrencilerine aktarmalarında öğretmenlere adeta asistanlık yaparlar [24]. Öğretme-öğrenme süreçlerinde öğretim teknolojilerini kullanmanın, konunun daha etkili sunulmasına yardımcı olduğunu; bununla birlikte öğretimi daha zevkli ve anlamlı hale getirdiğini belirtmektedir [25].

4.1. Füze Sistemleri

Jet uçaklarının ve füzelerin çalışma prensipleri birbirlerine benzer. Hava akımlarının ve değişken kuvvetlerin ayrıntılı matematiksel analizleri sonucu füzelerin fiziksel ve yapısal tasarımları yapılır. Hava ile cisim arasında ki kuvvetlerin hareketleri mutlak hızlarına değil nisbi hızlarına bağlıdır. Aerodinamik çalışmalarında ortaya konulan prensipler rüzgâr tünellerinde füzelere yüksek hızlı rüzgâr akımları uygulanarak test edilir [26].

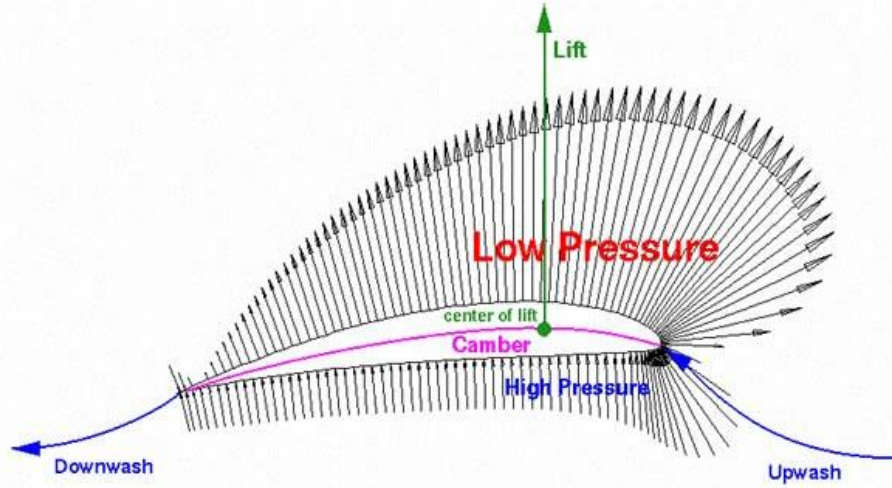
Eğer, her zaman olduğu gibi hareket dünya ile dönen bir koordinat sistemine göre incelenirse, bu durumda, cisme etkiyen kuvvetler arasına merkezkaç kuvvet ve Coriolis kuvvet gibi belli görünen kuvvetler dahil edilmek koşuluyla Newton'un ikinci hareket yasası uygulanabilir. Atalet eksen akımına göre olan hız ve ivme, mutlak hız ve mutlak ivme olarak tanımlanır ve (a) alt indisi ile gösterilir [27].

$$\left[\vec{V}_a, \left(\frac{d\vec{V}_a}{dt} \right)_a \right] \quad (1)$$

Newton'un üniversal çekim yasası, boşluktaki iki kütle elemanın birbirlerini kütleleriyle doğru, kendilerini ayıran uzaklığın karesi ile ters orantılı bir kuvvetle çektiğini ifade eder. Böylece, eğer iki kütle elemanı m_1 ve m_2 birbirinden r uzaklığı ile ayrılmış ise çekimden dolayı m_1 kütlesi tarafından m_2 kütlesi üzerine uygulanan kuvvet;

$$\vec{F}_g = -\frac{gm_1m_2}{r^2}\left(\frac{r_o}{r}\right) \quad (2)$$

Füze hava içerisinde hareket ederken, kanadın geometrisi basınç dağılımı füzenin havada tutunabilmesini sağlar. Basınç dağılımı ve kayma gerilmeleri ile cisim üzerinde aerodinamik kuvvetler meydana gelir. Bir füze veya benzeri bir cismi etrafından geçen havanın yolu bu cisim tarafından değiştirilir ise, havanın yerel hızının değişmesine neden olur. Cisim etrafında çeşitli noktalardaki farklı hızlar, Bernoulli denklemine göre cisim etrafında her noktada değişen bir basınç dağılımına neden olur. Şekil 3'de basınç değişim şekli görülmektedir [25].

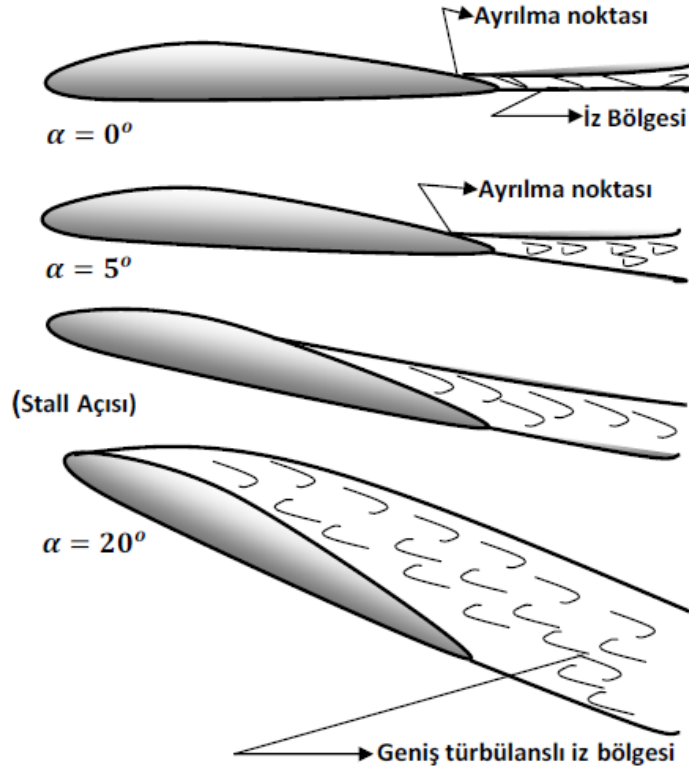


Şekil 3: Kanat profili basınç değişimi

Kanat profilinin önündeki pozitif işaretli basınç dağılımı hücum kenarına çarpan havanın oluşturduğu statik basınçtan kaynaklanmaktadır. Durma noktasında havanın hızı sıfıra eşit olduğu için dinamik basınç sıfırdır ve toplam basınç statik basınca eşittir. Kanat profili etrafındaki basınç dağılımı genellikle, eşitlik (2)'deki gibi boyutsuzlaştırılır ve bu boyutsuz sayıya basınç katsayısı denir. Bu denklemde P statik basınç, P_{ref} referans basıncı ve V_{ref} ise referans hızıdır [29].

$$C_P = \frac{P - P_{ref}}{\frac{1}{2}\rho V_{ref}^2} \quad (3)$$

Kaldırma kuvvetini arttırmak kanat profili etrafındaki basınç dağılımını arttırmakla sağlanabildiği gibi aynı zamanda profil etrafındaki sınır tabaka kalınlığının düşürülmesi veya türbülanslı sınır tabakanın firar kenarına taşınması ile sağlanabilir. Aerodinamik performansı arttırmak için; hücum açısı artırılabilir, kanat profiline kamburluk verilebilir veya yüksek kaldırma aygıtları kullanılabilir [30].



Şekil 4: Kanat profili-hücum açısı değişimi [31].

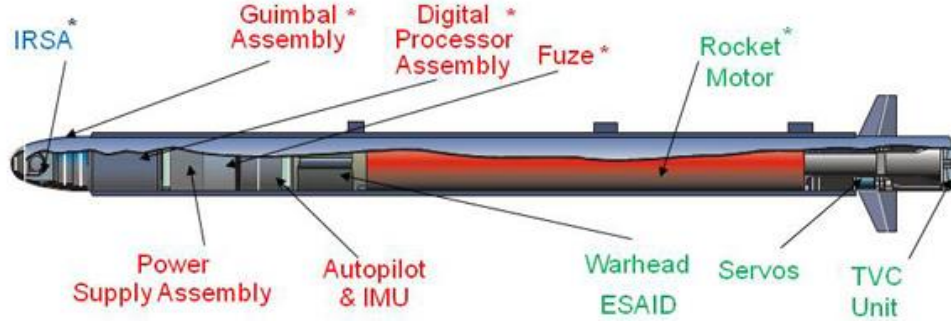
Şekil 4’de kaldırma katsayısının stall açısına kadar arttığı ve bu açı değerinden sonra düşmeye başladığı görülmektedir. Ayrıca hücum açısının artışı ile ayrılma noktasının hücum kenarına yaklaşması sonucu sürüklenme katsayısı artmakta olduğu görülmektedir [31].

Kaldırma kuvveti kanat sekline uçuş açısına havanın yoğunluna kanadın alanına hızın karesine bağlı olarak hesaplanır.

$$L = \frac{C_L \rho}{2} S V^2 \quad (4)$$

Formül içerisinde geçen sembollerin anlamları şu şekilde açıklanabilir. :L: Kaldırma kuvveti, C L: Kaldırma kuvveti katsayısı , P : Havanın yoğunluğu, S: Alan, V: Hızıdır.

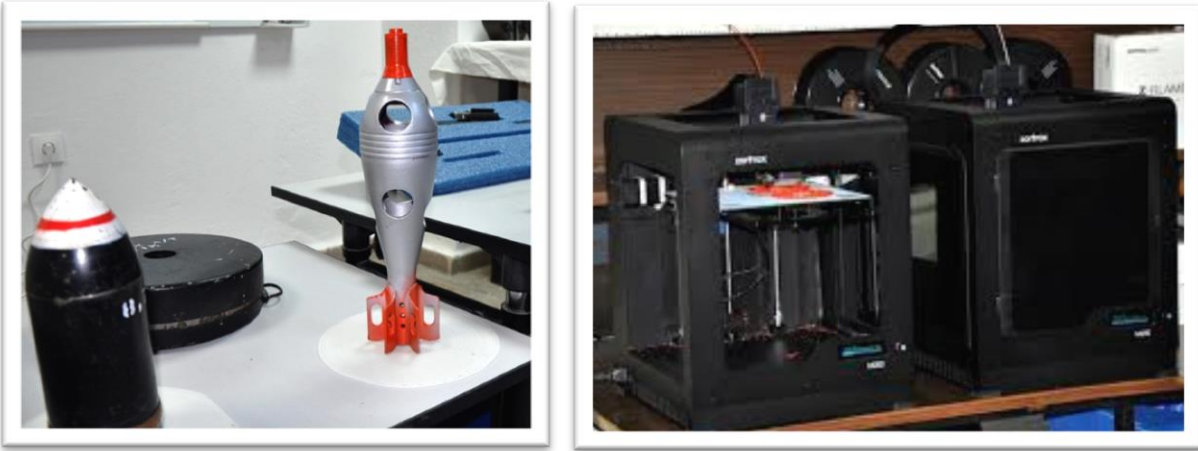
Füzeler, roketlerden farklı olarak sadece atmosferde çalışan çeşitli güdümlü sistemleri ile (görüntü algılayıcılar, ısı algılayıcılar, radar, ataletsel algılayıcılar, GPS, v.b.) hedefe yönelen karmaşık silahlardır. Füzeler çoğunlukla roket motoruna sahiptirler. Çeşitli füzelerin jet motoru da bulunabilmektedir. Füzelere zaman zaman güdümlü roket de denilmektedir. Gerekli kanat ve uçuş hesaplamaları yapılan füze ve roket sistemlerinin içerisine amacına uygun savaş başlığı, yönlendirme düzeneği, yakıt deposu ve elektronik düzenek yerleştirilerek atışa hazır hale getirilir. Şekil 5’ de içyapısı gösterilen bir füze sistemi görülmektedir.



Şekil 5: Füze sistemi içyapısı [14]

4.2. Füze Modeli İmalatı

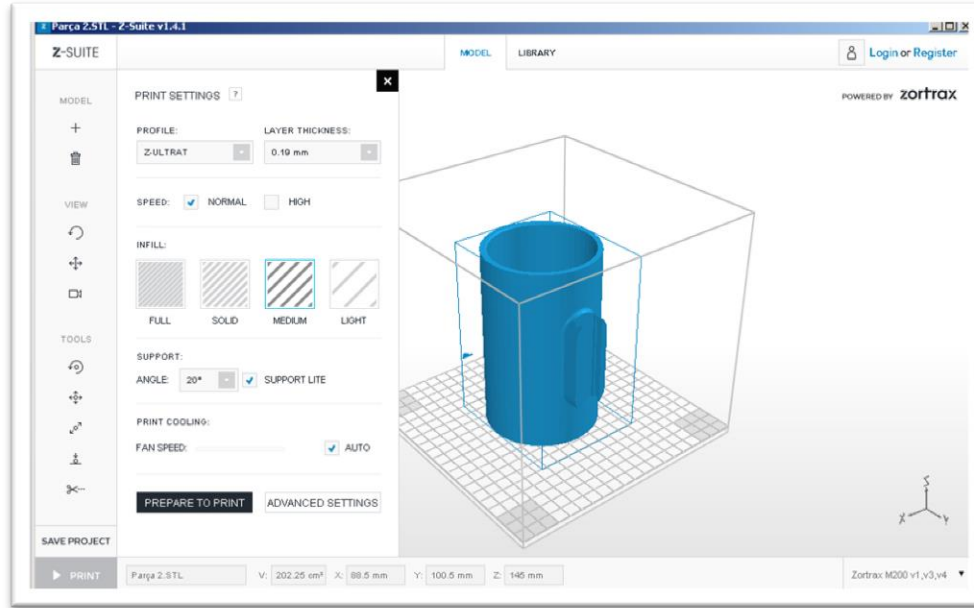
Silah sistemleri ve balistik derslerinde kullanılması planlanan mühimmat ve silah yapılarının gerçeklerinin eğitim ortamlarında bulundurulması tehlikeli, sakıncalı ve kanuni olarak zorluklar içermektedir. Bu tür silah ve mühimmatlar yerine gerçeğiyle aynı boyut, yapı ve çalışma sistemine sahip eğitim modellerinin kullanılması tüm problemleri ortadan kaldırabilmektedir. Geliştirilen füze tasarım modelinin üç boyutlu tasarım çizimleri*.stl dosyalarına dönüştürüldükten sonra 3D imalatları yapılmıştır. Yaklaşık 23 parça, yazıcıda imal edilerek, füze modelinin montajında kullanılmıştır. İmalat sırasına kullandığımız yazıcı ve tasarım laboratuvarımız Şekil 6'da görülmektedir.



Şekil 6: Silah tasarım laboratuvarı ve yazıcı sistemleri

Baskı cihazımız Zortrax M200 dür. Layer Plastic Deposition (LPD) teknolojisi farklı fiziksel özelliklere sahip çeşitli materyaller kullanılmayı mümkün kılmaktadır. Bu yazıcı filament ürünlerinden olan Z-ABS, Z-ULTRAT mekanik ve kimyasal olarak boya yapılabilme veya çeşitli işlemler yapmayı sağlamaktadır. Yaklaşık 250-260 C° sıcaklıkta eriyebilen filament malzemeyle dayanıklı ve model üretimine uygun baskı yapılabilir. M200 modeliyle 200x200x185 mm üretim hacmi ve 0,09 mm baskı hassasiyetiyle füze modellerinin modüller halinde üretimine imkan vermektedir. Isıtılabilir delikli tabla teknolojisi ve otomatik kalibrasyon sistemi bulunan cihazla hassas üretim yapılabilir.

ZortraxM200 3Dprinter sisteminde kullanılan ara yüz programı Z-suite yazılımıdır. Bu yazılı kullanılarak geliştirilen füze sistemi parçalar halinde imalata hazırlanmıştır. Kullanılan yazılımın Z-suite arayüzü Şekil 7'de görülmektedir. Kullanılacak baskı malzemesinin cinsi, katman kalınlığı, baskı kalitesi gibi bazı değişkenler bu ara yüz üzerinden istenilen şekilde ve hassasiyette düzenlenebilmektedir.



Şekil 7: Kullanılan baskı ön hazırlama ara yüzü

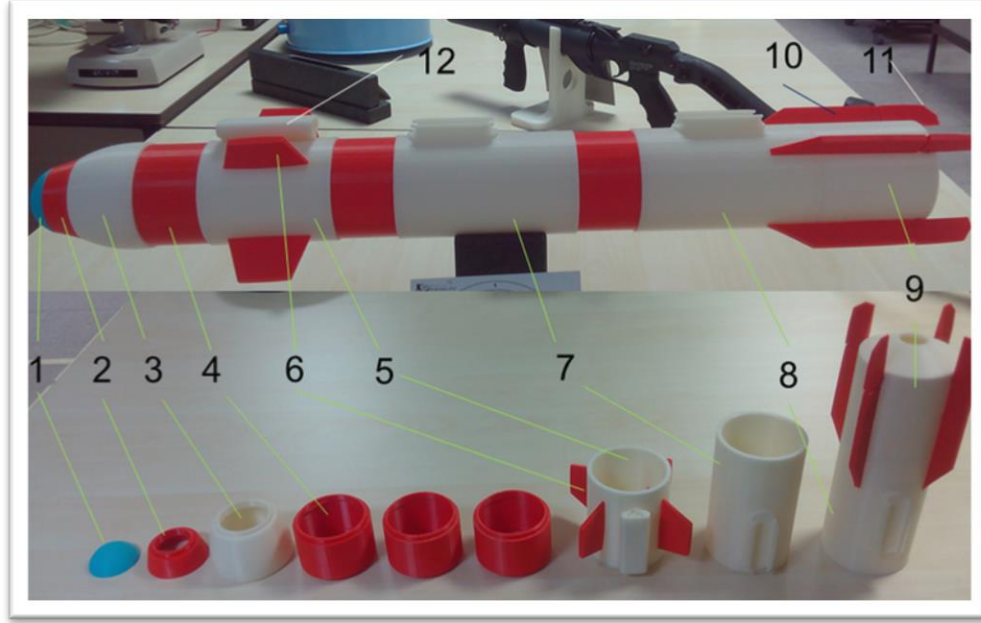
Tablo 1’ de prototip olarak 3D baskı teknikleriyle üretilen füze modeline ait parça sayıları, kullanılan plastik malzeme miktarı, imalat süresi gibi temel görülmektedir.

Tablo1. Prototip imalat için harcanan süre ve malzeme miktarı

Sıra No	Parçanın adı	Parça sayısı	Malzemesi	İmalat süresi (saat, dakika)	Malzeme Miktarı (gr)
1	Optik göz	1 adet	Z-Ultrat (Mavi)	1sa, 26dk	15
2	Kontrol ünitesi	1 adet	Z-Ultrat (Kırmızı)	2sa, 36dk	27
3	Füze başlığı	1 adet	Z-Ultrat (Beyaz)	6sa, 44dk	67
4	Modüler bağlama parçası	3 adet	Z-Ultrat (Kırmızı)	5sa, 59dk	58x3= 174
5	Ön kanat gövdesi	1 adet	Z-Ultrat (Beyaz)	10sa, 29dk	97
6	Ön kanatçıklar	4 adet	Z-Ultrat (Kırmızı)	0sa, 48dk	10x4=40
7	Ön bağlama gövdesi	1 adet	Z-Ultrat (Beyaz)	14sa, 58dk	141
8	Arka bağlama gövdesi	1 adet	Z-Ultrat (Beyaz)	15sa, 35dk	146
9	Roket motoru	1 adet	Z-Ultrat (Beyaz)	13sa, 23dk	118
10	Arka kanatçıklar	4 adet	Z-Ultrat (Kırmızı)	0sa, 48dk	10x4=40
11	Yönlendirme kanatları	4 adet	Z-Ultrat (Kırmızı)	0sa, 27dk	6x4=24
12	Elektronik bağlantı girişi	1 adet	Z-Ultrat (Beyaz)	1sa, 38dk	17
	TOPLAM	23	0.09 mm kalınlık	Yaklaşık 83 sa.	906 gr

Şekil 7’de görüldüğü haliyle yapılacak baskı, 3D yazıcı boyutlarıyla ilişkili olarak istenilen ölçekte küçültülmüş bir prototip olacaktır. Ancak bu modelin tasarım aşamasında parçalı olarak imal edilmesi ve biten parçaların sonradan montaj edilerek gerçek ölçülerine yakın olarak bir eğitim modeli haline getirilmesi sağlanabilecektir. Şekil 8’de geliştirilen füze eğitim modelinin parçalı üretim sonrasında montajı yapılmasıyla ortaya çıkan son görüntüsü vardır. Montajlama işlemi sırasında 0.1mm toleransla geçme yapılmakta olup, herhangi bir yapıştırma bağlantısına ihtiyaç duyulmamıştır. Füze modeli

gerektiğinde demontaj yapılarak silah sistemleri eğitimi amacı uygun modüler parçalar yeniden montaj edilebilmektedir.



Şekil 8: Prototip olarak geliştirilen füze modeli montaj ve demontaj görüntüsü

5. SONUÇ

Bu çalışmada “Silah Sistemleri Ve Balistik” dersleri laboratuvarlarında eğitim amaçlı hazırlanacak modeller ve bu modellerin 3D yazıcılar yardımıyla üretiminin hazırlanması amacıyla yapılmış bir uygulama tanıtılmıştır. Silah ve mühimmat tasarımı karmaşık ve detaylı hesaplamalar sonrasında ortaya çıkan uzun süreçli, detaylı testleri yapılması gereken işlemlerdir. Tasarımcının özellikle ARGE aşamasında bu tür sistemlerin 3D modellenmesi ve üretilmesi, ergonomi, kullanılabilirlik, boyut kontrolü ve genel değerlendirme gibi aşamalarda katkı sağlamaktadır. Oluşabilecek hatalara karşı imalat öncesi önlem alınmasını sağlayacaktır.

Özellikle eğitim ortamlarında gerçeğinin benzeri, eğitim modelleri birçok yönden fayda sağlayabilecektir. Bu faydalar şu şekilde özetlenebilir.

- Silah-mühimmat tasarım uzmanlığında beceri kazandıracaktır.
- Öğrenme sürecinin kalıcı ve verimli olmasını sağlayacaktır.
- Silah-mühimmat tasarımı alanında yapılacak ARGE çalışmaları ve eğitim içeriğinin kolaylaşmasını sağlayıp, süresini azaltacaktır.
- Silah-mühimmat konusunda nitelikli eğitim materyali hazırlanmasını sağlayacaktır.
- Silah-mühimmat sınıf ortamında bulundurulması tehlikeli malzemelerin yerini alabilecektir.
- Silah-mühimmat eğitim sınıflarında kanunen mümkün olmayan bazı araçların eğitim ortamında bulundurulabilmesini sağlayacaktır.
- Etkili sunum ve öğretim teknolojisi kullanabilmeyi sağlayacaktır.

Savunma sanayindeki millileşme gerekliliği ülkemiz tarafından önemsenmekte, ARGE ve bilimsel çalışmalara büyük önem verilmektedir. Savunma Teknolojileri alanında eğitim verilen kurumlarda geliştirilen prototipler, 3D yazıcılar kullanılarak rahatlıkla üretilmekte, üretim öncesi istenilen geliştirmeler yapılabilmektedir.

REFERANSLAR

- 1.Savunma sanayi müsteşarlığı (2011). 2011-2016 Teknoloji yönetim stratejisi.
- 2.MKE (2011), MKE yayınları stratejik planı 2011-2015.
- 3.Deng S., Sun H. K., and Chung-Jung Chiu (2012). RiflesIn-BoreFinite Element Transient Analysis, International Conf. on Mechanical, Productionand Materials Engineering (ICMPME'2012) June 16-17.
- 4.Vincent, R. (1987). Textbook of Ballistics and Gunnery, Vol.1, Stationary Office, London.
- 5.Oerlinkon-Buhrle A. G. (1988). Oerlinkon Pocket-Book, Zurich, Switzerland.
- 6.Bayazıt N (1994). Endüstri ürünlerinde ve mimarlıkta tasarlama metotlarına giriş, Literatür yay.
- 7.Bozdemir M., Eldem C., (2002). Modern tasarım teknikleri, UMTİK 2002, 55-63.
- 8.Hannafin, M.S. ve Peck, K.L. (1988). The Des.Develop. and Evaluation of Inst. Software, MacMillan.
9. Hartley. J. R .(1993). Interacting with multimedia, University Computing, 15, 129-136.
- 10.Bagui, J. (1998). Reasons for increased learning using multimedia, J.of Edu.Mult.andHyp.7(1), 3-19.
- 11.Hsu W. and Woon M. (1998). Current research in the conceptual design of mech. products, Computer Aided Design, 30(5):377-389.
- 12.Gündüzer O. (2011). Namlu Cıdarı Boyut. İç Balistik Dav. Etkisi. Yük. Lis.Tezi. Gazi Üniv., Ankara.
13. Tuncer D. ve Alli H. (2010). Ağır Sil. Geri Tepme Mek. Tas. İç Balistik Modelinin Oluş. Ve Kama Kuv.Hes. 2.Ulusal Tas. İm. veAnl.Kongresi, Balıkesir, s. 413-414.
14. <http://www.fprado.com/armorsite/abrams.htm>, 30 Mayıs 2016.
15. <http://vzajic.tripod.com/xdu2rounds.html>, 30 Mayıs 2016.
16. Çayiroğlu İ. ve Dizdar E. (2004). Kapsülsüz ve Barutsuz Mermili HST., Teknoloji D. 2, 339-344.
17. <http://www.ordu.pol.tr>, 30 Mayıs 2016.
- 18.Üner B., Şam B., Kurtaş Ö., Uysal C., Çerkezoğlu A. (2000). Av Tüfeği İle Yapılan Atışlarda Saçma Dağılımını Etkileyen Faktörler. Adli Tıp Bülteni.5, 65-69.
19. <http://www.silahdarav.com>, 30 Mayıs 2016.
20. Çelik İ, Karakoç F., Çakır M , Duysak A. (2013). Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Hızlı Prototipleme Teknolojileri ve Uygulama Alanları, Sayı 31.
21. <http://myobjectify.com/additive>, 30 Mayıs 2016.
22. <http://www.3byazici.com/2012/05/3-boyutlu-yazicilar-nasil-calisir.html>, 30Mayıs 2016.
- 23.Akkoyunlu (2002). B.,Educational Technology in Turkey: Past, Presentand Future, Educational Media Internatinal., Vol. 39, No 2: 165-174.
24. Şahin T.Y. ve Yıldırım, S. (1999). Öğretim Tek. ve Materyal Geliştirme, Ankara, Anı Yayınevi.
25. Demirel, Ö. (2002). Planlamadan Değ. Öğretme Sanatı. Ankara, Pegema Yayıncılık.
26. Mcmahon, P. (1991). Aircraf Proulsion , School of engineering Bath University of Technology.
27. Briggs, M.M (1992). SystematicTacticalMissile Design, TacticalMissileAerodynamics: General Topics, AIAA Progress in AstronauticsandAeronautics, AmericanInstitute of Aeronautics, Vol. 141.
31. İçöz G. (2010). Roket ve Füzelere Hedefe Yönlenmesi için Gerekli Kontrol ve Güdümleme Sistemlerinin Analitik İncelenmesi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.