21.02.2020

İTÜ APİS ARGE TAKIMI – İTÜ USTTL

1. LİSELERARASI MODEL UYDU YARIŞMASI

TEMEL MODEL UYDU VE AERODİNAMİK EĞİTİMİ DÖKÜMANI

Hazırlayan: Aykut Üçtepe

aykut3tepe@gmail.com

İçindekiler

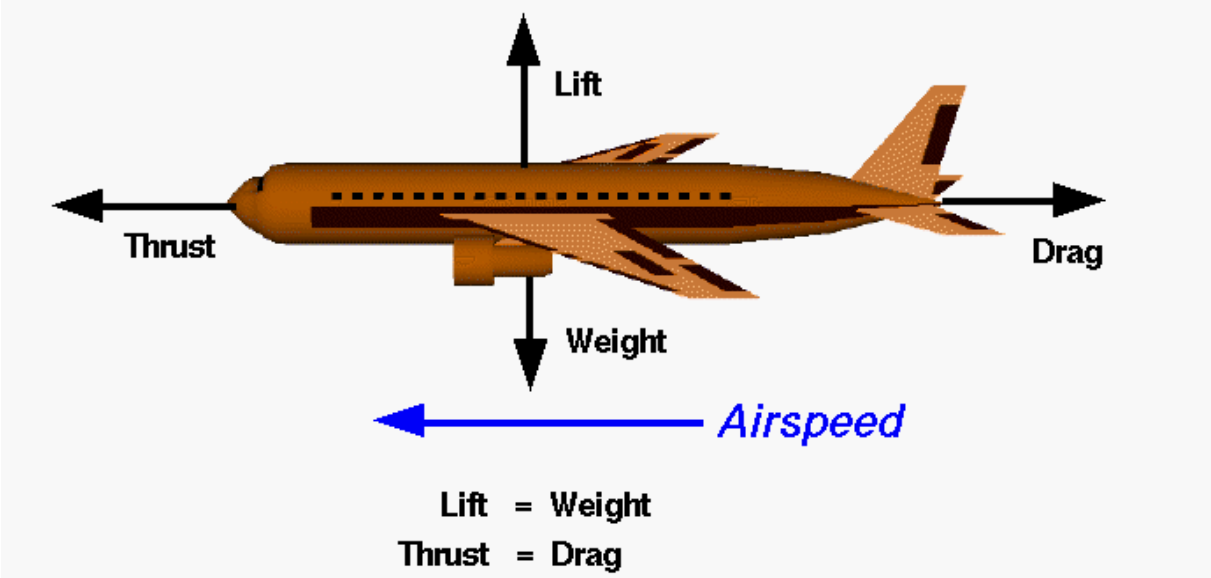
1. Temel Aerodinamik 3
1.1. Uçak Üzerindeki Temel Kuvvetler 3
1.2. Uçaklara Dair Bazı Temel Kavramlar 4
1.3. Bernoulli Prensibi 5
1.3.1. Coanda Effect ve Taşımanın Temeli 8
1.4. Taşıma Kuvveti'nin Hesaplanması 9
1.5. Reynolds Sayısı 10
2. Temel Model Uydu 11
2.1. Model Uydu Alt sistemleri 11
2.1.1. Paraşüt 11
2.1.2. İskelet 13
2.1.3. Elektronik Alt Sistem 15
2.1.4. Haberleşme Modülleri 16
2.1.5. Yer İstasyonu 17

1. Temel Aerodinamik

Aerodinamik; hareket eden katı kütlelerin havayla etkileşimlerini inceleyen bilim dalıdır. Her ne kadar yarışmamızda uydunuzun iniş sistemini seçmekte serbest olsanız da **biz iniş sistemi olarak paraşütü seçmenizi tavsiye etmekteyiz.** Bu eğitim dökümanı sizlerin havacılığın temel kavramları üzerine bilgisi olması için hazırlanmıştır.

1.1. Uçak Üzerindeki Temel Kuvvetler

Uçak üzerindeki temel kuvvetlerden bahsedecek olursak 4 tane kuvvet sayılabiliriz. Bunlardan ilki motorlar tarafından sağlanan Thrust (İtki) kuvveti, ikincisi havanın sürtünmesinden (sürükleme) kaynaklanan ve Thrust'a zıt yönlü olan Drag (sürükleme) kuvveti, üçüncüsü uçağın ağırlığından kaynaklanan Weight (Ağırlık), dördüncüsü ise kanatlardan ve gövdeden üretilen Lift (Taşıma) kuvvetidir.



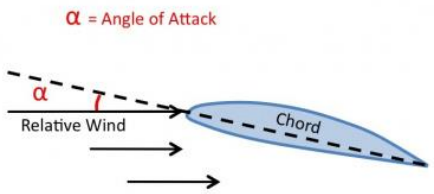
Şekil 1 - Uçak Üzerindeki Temel Kuvvetler

1.2. Uçaklara Dair Bazı Temel Kavramlar

Airfoil: Bu kavram ileride derinlemesine incelenecektir ancak basitçe özetlemek gerekirse airfoil, bir uçak kanadına yandan baktığınızda gördüğünüz şekildir. Birçok airfoil çeşidi vardır ve hepsi ayrı aerodinamik özellik göstermektedir.

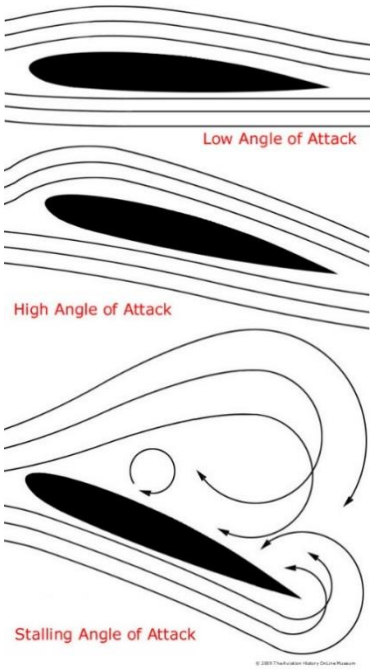
Camber: Kamburluk, kanat profilinin iki yüzeyi arasındaki asimetri olarak adlandırılabilir. Eğer kanat profilinde kamburluk yoksa bu profile simetrik airfoil denir.

Angle of Attack: Rüzgârın uçak kanadına geliş açısına geliş açısına denir. Türkçe 'ye hücum açısı olarak çevrilmiştir.



Şekil 2 - Hücum Açısı

Stall: Stall, Türkçe 'ye tutunma kaybı olarak çevrilmiştir. Bir hava aracının taşıma kuvveti üretebilmesi için havaya tutunması gereklidir. Eğer farklı sebeplerden dolayı hava, uçak kanadına tutunup akmayı bırakırsa uçak taşıma kuvveti üretemez ve stall dediğimiz durum yaşanır. Stall genelde yüksek hücum açısından veya yüksek hızdan kaynaklı olabilir.

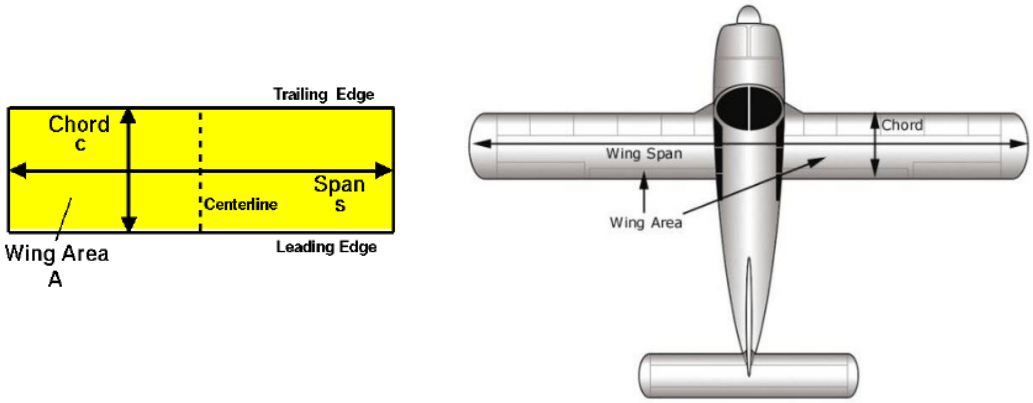


Şekil 3 - Stall

Leading edge and Trailing edge: Hücum kenarı, kanadın hava akımı ile ilk temas ettiği yerdir. Firar kenarı ise hava akımının uçağın kanadını terk ettiği kısımdır. Bu dokümanda kullanılan resimlerde hücum kenarını leading edge, firar kenarını ise trailing edge olarak görebilirsiniz.

Wingspan: Dilimize kanat açıklığı olarak geçen bu kavram, kanadın en sağ ve en sol ucu arasındaki mesafe olarak tanımlanabilir.

Chord: Chord'un Türkçe karşılığı veter uzunluğudur ve kanadın hücum ve firar kenarları arasındaki uzunluğu ifade etmektedir.



Şekil 4 - Kanada Ait Özel Uzunluklar

1.3. Bernoulli Prensibi

Bernoulli prensibi, akışkanların (sıvılar ve gazlar) hızı ile basıncı arasındaki ilişkiyi açıklar. Buna göre hareket halindeki akışkan taneciklerinin hızı ile akışkanın uyguladığı basınç arasında ters orantı vardır.

Bernoulli's Principle

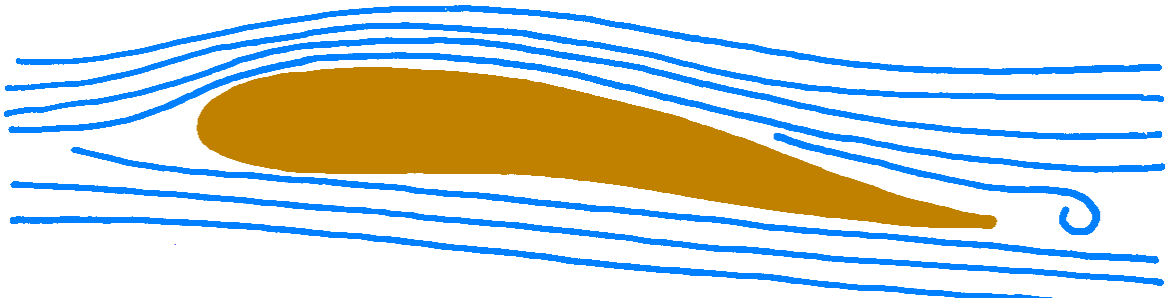
Theory - Equation

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1{}^2 + \rho g h_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2{}^2 + \rho g h_2$$

Şekil 5 - Bernoulli Eşitliği

Bu formülde P_1 ve P_2 aynı hava akımı (aşağıdaki resimdeki mavi çizgileri birer hava akımı olarak düşünün) üzerindeki iki ayrı noktadaki (1 ve 2 diye hayali 2 ayrı nokta olduğunu düşünelim) durağan basıncı simgelemektedir. $\frac{1}{2}\rho V_1{}^2$ ve $\frac{1}{2}\rho V_2{}^2$ kavramları ise bu noktalarda hızdan dolayı oluşan basıncı (kinematik basınç) göstermektedir. En sondaki $\rho g h$ formülleri ise iki nokta arasındaki yükseklik farkından kaynaklanan basınç farkını gösterir. Sondaki ifadeyi fizik derslerinde bir kabın içindeki sıvının farklı noktaları

arasındaki basınç farkını hesaplamak için şu anda da kullanmaktasınız 😊 Buradaki ρ ifadesi ise akışkanın yoğunluğunu (özkütle) ifade etmektedir. Ancak Bernoulli prensibi aynı hava akımındaki farklı noktalarda geçerli olduğundan ρgh ifadeleri genellikle ihmal edilir.



Şekil 6 - Hava Akımı

Kalan ifadelere bakarsak ortada bir eşitlik söz konusu olduğundan, bir noktadaki kinematik basınç artarsa dinamik basıncın düşmesi gerektiğini ya da tam tersini yani durağan basınç artarsa kinematik basıncın düşmesi gerektiğini söyleyebiliriz. Kinematik basınç formülüne dikkatlice bakacak olursak, hızın kinematik basıncı etkileyen ana etmen olduğunu söyleyebiliriz. Yani özetlemek gerekirse, eğer bir noktadaki hava hızı artıyorsa bu noktada durağan basınç düşer (çünkü kinematik basınç artmıştır hızın artışından dolayı). Önceden de duymuş olabileceğiniz hızlanan havanın basıncı düşer sözü Bernoulli prensibine dayanmaktadır.

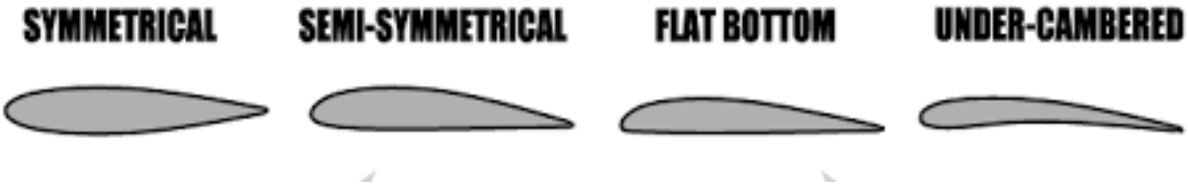
Bernoulli Prensibi ile Uçaklardaki Taşıma Kuvvetinin Açıklanması

Her ne kadar günümüzde uçaklardaki taşıma kuvvetinin Bernoulli prensibi ile açıklanması doğru görülmese de eskiden bu alanda mantıklı bulunan prensiplerden biri Bernoulli prensibiydi.

Uçakların kendi iskeletini ve içindeki yükleri taşıması için taşıma kuvveti üretmesi gerekmektedir. Bu taşıma kuvvetinin çok büyük bir kısmı kanatlardan sağlanır. Bernoulli prensibine geçmeden önce bilmemiz gereken en önemli kavram kanat profili de denilen airfoil kavramıdır. Airfoil için bir uçak kanadına yandan baktığınızda gördüğünüz şekildir diyebiliriz.

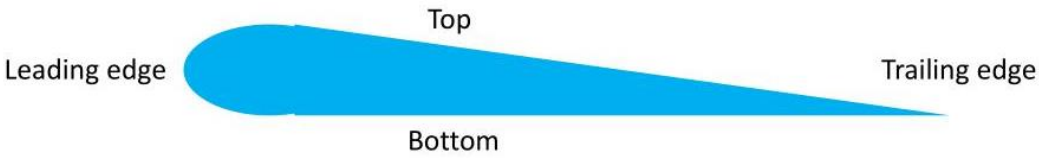
Örnek verecek olursak:

Şekil 7 - Kanat Profili (Gerçek Görünüş)



Şekil 8 - Kanat Profilleri (Çizim)

Yukarıda görmüş olduğunuz ve belki de neden böyle yamuk olduğunu merak ettiğiniz şekiller (airfoiller) uçakların taşıma kuvveti üretmesine büyük katkı sağlar.



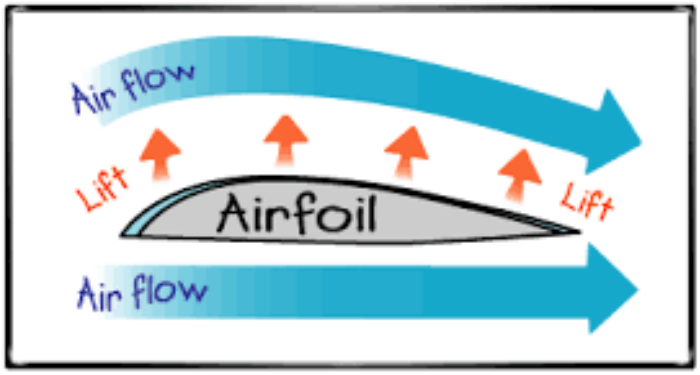
Şekil 9 - Kanat Profili Üzerindeki İsimlendirmeler

Taşıma kuvvetini Bernoulli prensibiyle madde madde açıklayalım:

1. Hava akımı kanat profiline gelir ve hücum kenarı (leading edge) dediğimiz kısma ulaşınca 2'ye ayrılır. Yani iki ayrı hava akımına dönüşür.
2. Bu hava akımlarından birisi yukarı doğru yönenip kanat profilinin üst (top) yüzeyinden diğeri ise aşağı doğru yönelip alt (bottom) yüzeyinden gitmeye başlar.
3. Yukarıdan giden ve aşağıdan giden hava akımları kanat yüzeyini aynı anda terk etmek zorundadır. İki hava akımının kanat yüzeyini aynı anda terk etmesi için üst taraftaki

hava akımının hızlanması gerekmektedir çünkü airfoil şekline bakacak olursanız üst yüzeyin uzunluğu alt yüzeyden daha fazladır.

4. Üst yüzeyde havanın hızlanması ile birlikte üst yüzeydeki basınç düşer (Bernoulli prensibi). Alt yüzeydeki basınç üst yüzeyden fazla olunca kanat uçağı yukarı doğru kaldırmaya başlar.



Şekil 10 - Airfoil Üzerindeki Hava Akımı

Her ne kadar bu teorem ilk bakışta mantıklı gibi görünse günümüzde çürütülmüştür. Öncelikle kanada gelen hava akımı ikiye ayrıldıktan sonra kanat yüzeyini aynı anda terk etmemektedir. Diğer bir neden olarak ise, Bernoulli formülü sadece aynı hava akımı üzerindeki noktalara uygulanabilmekteydi. Ancak yukarıda madde 4'te aradaki basınç farkını anlatmak için Bernoulli prensibini iki ayrı hava akımında kullandık. Bu nedenlerden dolayı günümüzde Bernoulli prensibi taşıma kuvvetini açıklamak için kullanılmamaktadır.

1.3.1. Coanda Effect ve Taşımanın Temeli

Coanda effect dediğimiz olay aslında akışkan maddelerin karakteristik bir özelliğidir. Coanda effecte göre, bir akışkan madde her zaman yakınında bulundan katı maddenin yüzeyinden akmayı tercih eder. Örneğin bir duvarın yakınında yanan ateşte, duman gökyüzüne yükselirken duvarı takip ede ede yükselecektir ya da çoğunuzun da karşılaştığı gibi sütü veya suyu bardağa boşaltmaya çalıştığınızda, bardağın içine akmak yerine kutu yüzeyinden akıp yere dökülecektir.

Şu videoyu izleyerek coanda effect'i çok daha iyi anlayabilirsiniz: **(KESİNLİKLE İZLEYİNİZ)**

https://www.youtube.com/watch?v=NvzXKZNJ7ZU&t=5s

Coanda Effect'i göz önünde bulundurursak, taşıma kuvvetinin üretimini şöyle açıklayabiliriz:

1. Airfoil'in hücum kenarına geldikten sonra ikiye ayrılan hava akımı, airfoilin yüzeylerini takip ederek ilerleme yönelimindedir.
2. Üst yüzeyden giden hava akımı önce yukarı doğru çıkıp bir anda hızlıca aşağı iner ve alt yüzeydeki hava akımından daha önce airfoil yüzeyini terkeder.
3. Üst yüzeydeki hava akımı hızlıca aşağı doğru akar ve firar kenarında (trailing edge) alt yüzeydeki hava akımıyla karşılaştığında onu da aşağı yönlü ilerlemeye zorlar.
4. Newton'un 3. Hareket Yasası'na göre her etkinin karşılığı bir tepki vardır. Airfoil üzerinden akıp bir anda aşağı doğru ivmelenen hava akımı aşağı yönlü bir etki oluşturur. Bunun karşılığı olarak ise kanada yukarı yönlü bir tepki kuvveti etki eder. Böylece taşıma kuvveti üretilmiş olur.

Daha iyi anlamanız ve gözünüzde canlanması için birkaç video:

https://www.youtube.com/watch?v=w78JT6azrZU&t=332s

https://www.youtube.com/watch?v=6Q8HssqWDDE

1.4. Taşıma Kuvveti'nin Hesaplanması

Üretilen herhangi bir hava aracının kanadı sayesinde ne kadar taşıma kuvveti üretebileceğimizi aşağıdaki formülle hesaplayabiliriz.

$$L = \frac{1}{2}\rho v^2 A C_L$$

Şekil 11 - Taşıma Kuvveti Hesaplama Formülü

Bu formülde L Lift'i yani taşıma kuvvetini, V kanada gelen havanın hızını, A kanadın alanını, C_L ise taşıma katsayısını ifade etmektedir.

Yukarıdaki formüle bakarsak, eşitliğin sağ tarafındaki herhangi bir değişkenin artması mantıken uçağın taşıyabileceği yükü de arttıracaktır. Burada alanı arttırmak her ne kadar taşıma kuvvetini arttırıyor gibi görünse de kanadın alanının artması uçağın ağırlığını da arttıracağından bir noktadan sonra alanı arttırmak verimi düşürecektir.

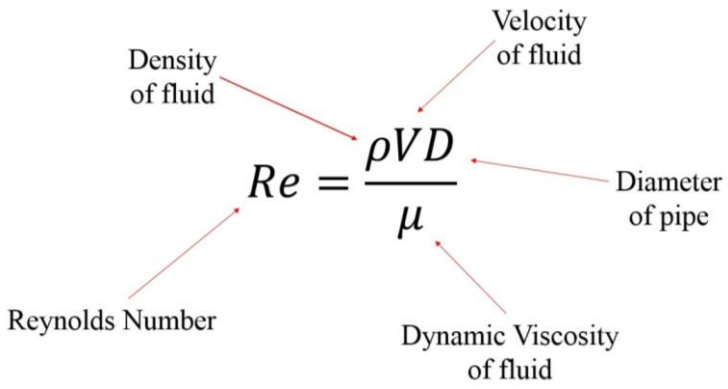
Hızı ve taşıma katsayısını arttırmak hususuna değinmeden önce öğrenmemiz gereken bazı kavramlar var. Bunlardan ilki taşıma katsayısıdır.

Taşıma katsayısı airfoilin şekline ve Reynolds sayısına göre değişmektedir. Taşıma katsayısını etkileyen diğer bir husus ise hücum açısıdır. Hücum açısı arttıkça bir noktaya kadar taşıma katsayısının arttığını bir noktadan sonra ise taşıma katsayısının düştüğünü göreceksiniz. Bu düşüşün nedeni dokümanın başında belirttiğimiz stall yani tutunma kaybıdır.

1.5. Reynolds Sayısı

Akışkanlar mekaniğinde Reynolds sayısı(Re), bir akışkanın, atalet kuvvetlerinin (vs d), viskozite kuvvetlerine (μ/ρ) olan oranıdır. Daha anlaşılır şekilde söylemek istersek Reynolds sayısına bir akışkanın akma isteğinin, akmama isteğine oranı diyebiliriz.

Reynolds sayısı aşağıdaki formülle hesaplanır:



Şekil 12 - Reynolds Sayısının Hesaplanması

Density of fluid: Akışkanın özkütlesi.

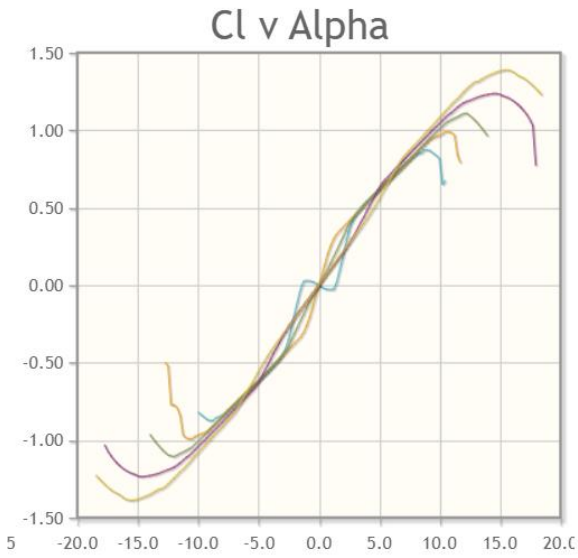
Velocity of the fluid: Akışkanın hızı.

Diameter of pipe: Akışın içerisinde gerçekleştiği borunun çapı. Akış bir boru içerisinde değil de kanat yüzeyinde gerçekleşiyorsa buradaki D yerine kanadın veter (chord) uzunluğunu alabilirsiniz.

Dynamic viscosity of fluid: Akışkanın dinamik viskozitesi.

Peki biz bu Reynolds sayısına neden ihtiyaç duyuyoruz?

Kanat profillerinin taşıma katsayısı – hücum açısı grafikleri her Reynolds sayısında farklı olmaktadır. Bu yüzden aracımızın uçacağı Reynolds sayısını hesaplamalıyız. Aşağıda NACA 0012 airfoilinin farklı Reynolds değerlerindeki taşıma katsayısı – hücum açısı grafiklerini görebilirsiniz.



Şekil 13 - Cl vs Alpha Grafiği

2. Temel Model Uydu

Model Uydu kavramı Cansat teriminin Türkçeleştirilmiş halidir. Can Sized Satellite, teneke kutu büyüklüğündeki uydu kavramı, yıllardır Dünya çapında lise ve üniversite öğrencileri tarafından büyük ilgi görmektedir. Uzay teknolojileri alanında çalışmanın ilk adımı olarak görülen Model Uydu'lar, düşük maliyetleri ve pratik üretimleriyle de bu alana girmek isteyenler için cazip bir başlangıç seçeneğidirler.

2.1. Model Uydu Alt sistemleri

Model Uydu'yu bir sistem, Model Uydu'yu oluşturan diğer elemanları ise ayrı ayrı alt sistemler olarak düşünelim. Model Uydu'yu yapmak için öncelikle alt sistemleri çok iyi şekilde yapmalısınız. Ardından alt sistemleri birbirlerine iyi şekilde montajlayarak doğru çalışan bir Model Uydu elde edebilirsiniz.

2.1.1. Paraşüt

Değineceğimiz ilk alt sistem olan paraşüt, Model Uydu için belki de en hayati alt sistemlerden biridir. (hepsi hayatidir ancak bu en hayati olanıdır da diyebiliriz 😊) Paraşütler, kanatların aksine hava ile temasa geçince taşıma değil, sürükleme kuvveti üretirler. Sürükleme kuvveti ise aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$F_D = C_D A \frac{\rho V^2}{2}$$

Şekil 14 - Sürükleme Kuvveti Hesaplama Formülü

Bu formülde, C_D dışındaki tüm değişkenler lift formülünde belirtilen değişkenlerle aynı anlamdadır. C_D yani sürükleme katsayısı ise paraşütün tipine göre değişir.

Model Uydularda genellikle kullanılan 2 tip paraşüt vardır. Bunlar, dome (kubbe) tipi paraşüt ya da X tipi paraşüttür. Apis takımı olarak bu zamana kadar hep kubbe tipi paraşüt kullandık. Kubbe tipi paraşüt kullanırsanız C_D değeri 1.5 ile 2 arasında olacaktır. Ancak siz hesaplamalarınızda bu değeri 1.5 alabilirsiniz.

Kubbe tipi paraşüt kullanmanın iyi yanlarından biri ise bir şemsiyeyi demirlerinden ayırarak kolayca kubbe tipi paraşüte yakın bir paraşüt elde edebilecek olmanız. Eğer X tipi paraşüt kullanmayı düşünürseniz bu tip paraşütleri bazı alışveriş sitelerinde bulabilirsiniz.

Eğer şemsiyeden değil de dikişle ve kesimle uğraşarak gerçek bir kubbe tipi paraşüt üretmek isterseniz her biri birer dilim gibi olan parçaları birbirine dikip ortaya kubbe tipi bir paraşüt çıkarabilirsiniz. Bu dilimleri aşağıdaki internet sitesinden edinip bu taslakları kullanarak kumaşı kesebilirsiniz.

http://scottbryce.com/parachute/spherical_parachute.html

Şekil 15 - Kubbe Tipi Paraşüt

Şekil 16 - X Tipi Paraşüt

Paraşütün İniş Hızının Bulunması

Paraşütünüzün iniş hızını hesaplamak için öncelikle sürükleme kuvvetinizi (F_D) ağırlığınıza eşitlemelisiniz. Örnek vermek gerekirse, yarışma kurallarımıza göre uydunuzu 350±20 gr yapma hakkınız bulunmakta. Ancak biz tam 350 grlık bir uydu yaptığınızı düşünelim. Böyle düşününce, ağırlığınızı bulmanız için kütle*yer çekimi ivmesi işlemini yapmanız gerekmektedir. Bu durumda kütleniz 0.35 kg, yer çekimi ivmeniz ise 9.81 kg*m/s^2 olacaktır. Sürükleme kuvvetinizi bulduktan sonra kafanızdan farklı D (çap) değerleri vererek iniş hızını yarışmada istenilen aralığa denk getirmelisiniz. Neden hızı varsayıp buna göre bir çap değeri bulmuyoruz derseniz, slaytımızın adı iniş hızı tahminleri çünkü. Paraşüt çapı tahminleri değil 😊

Aşağıda vermiş olduğumuz örnek hesaplamadan faydalanabilirsiniz:

$$V = \sqrt{\frac{2 \times m \times g}{A \times \rho \times C_d}} = \sqrt{\frac{2 \times (0.13\ kg) \times (9.81\ m/s^2)}{(0.013625\ m^2) \times (1.2\ kg/m^3) \times 1.5}} = 10.176\ m/s$$

V = Terminal velocity	ρ = 1.2 kg/m^3 (air density for Texas)
m = mass (Container only)	g = 9.81 m/s^2 (acceleration of gravity)
A = area (Circular area of parachute)	C_d= drag coefficient (1.5 for Dome type)

Şekil 17 - Örnek Paraşüt Hızı Hesaplaması

2.1.2. İskelet

İskeletin amacı uydunun elektronik kısımlarını ve görev yükü olan yumurtayı korumasıdır. Apis ekibi olarak biz bu zamana kadar katıldığımız yarışmalarda iskeletimizi üretmek için aşağıdaki maddelerden faydalandık.

İskelet Malzemeleri

3D Printer Filamentleri (ABS, PLA):

3D Printer ile üretim yapma tekniği önceki yıllarda takımımız da kullandı. Bu yöntemle kompleks şekilleri biraz zaman alsa da çok efor harcamadan üretmeniz mümkündür. Fusion 360 eğitim videomuzda çizdiğiniz şekilleri nasıl 3D Printerdan basabileceğinizi görebileceksiniz. PLA ve ABS filamentleri en yaygın filamentler olarak düşünülebilir. PLA, bitki tabanlı bir üretime sahiptir ve çevreye zararsız olarak kabul edilir. ABS ise petrol tabanlı üretilmiştir ve 3D baskı sırasında ortaya zararlı gazlar çıkarabilir. ABS genellikle daha yüksek sıcaklıklara dayanıklı ve daha serttir.

Fiberglass çubuk:

Fiberglass çubuklar her ne kadar pahalı olsalar da yüksek dayanıklılığa sahiptirler ve hafiftirler.

Kontrplak:

Kontrplak ağaç tabakalarından oluşan bir paneldir. Çok iyi mekanik dayanıklılığa sahip olmasına karşın hafif olan bir malzemedir.

Balsa:

Balsa ağacından yapılmış plakalara internetten ulaşabilirsiniz. Bu plakalar çok hafiftirler ancak dayanıksızdırlar. Ayrıca bu plakaları su ile ıslatıp bükebilirsiniz. Plakalar kuruduklarında şekillerini koruyacaklardır.

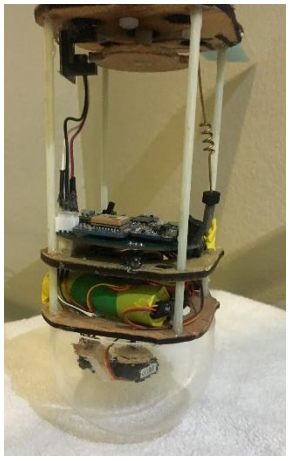
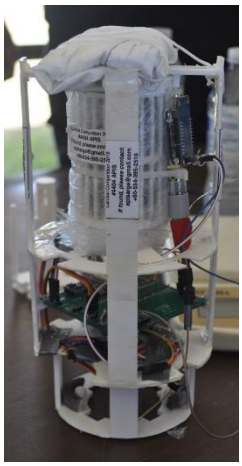
Yapıştırıcılar

Hızlı Yapıştırıcı:

Siyanoakrilat veya Türkçedeki yaygın adıyla Japon yapıştırıcı; tek bileşenli, çözücü (solvent) içermeyen, çabuk kuruyan (2-50 saniye), ısı direnci yüksek olan, az bir miktarla yapışma sağlayan, çok küçük boşluklara bile nüfuz eden bir yapıştırıcı türüdür.

Epoksi:

Epoksi, termosetler grubundan yapıştırıcı bir kimyasal reçinedir. Suya, aside ve alkaliye direnci çok iyidir, zamanla direnç özelliğini yitirmez. Genellikle iki bileşenli olan epoksiler, diğer termoset plastikler gibi belli süre sonra sıvı halden katı hale geçer ve takibeden bir iki hafta içinde olgunlaşarak nihai sertliğe ulaşır. Havacılık ürünlerinde çokça tercih edilir.

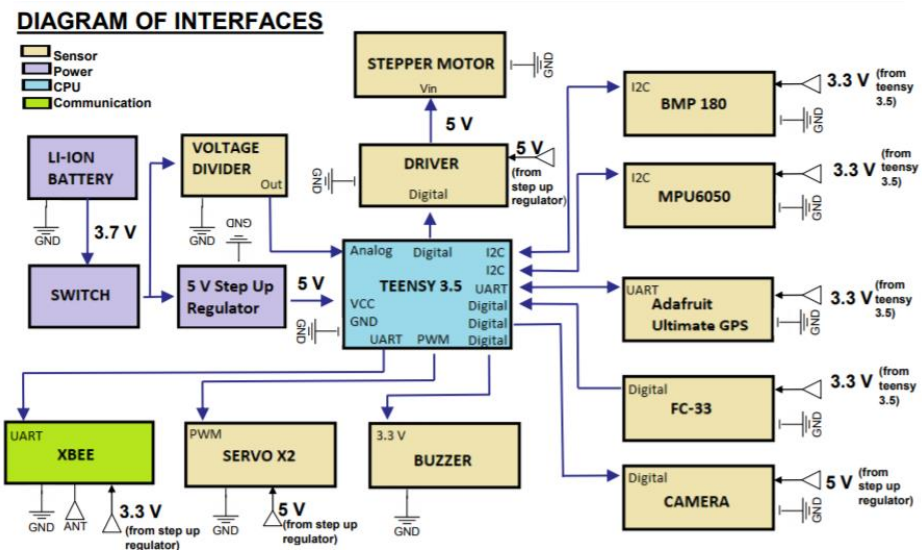
Şekil 18 - İskelet Örnekleri

2.1.3. Elektronik Alt Sistem

Elektronik alt sistemde bizim sizlerden beklentimiz, mikroişlemci ve sensörleri kullanarak yarışma kılavuzunda verilen verileri toplamalı ve görevleri gerçekleştirmelisiniz. Aşağıda takımımızın ABD'deki yarışma için yaptığı bazı elektronik alt sistem diyagramlarına ulaşabilirsiniz. Kamera seçiminizi ise birçok alışveriş sitesinde bulabileceğiniz casus kameralarla yapabilirsiniz. Aşağıda verilen kamera sadece bir örnektir, bu kamerayı kullanmanız tavsiye edilmez. Sensörler ve diğer elektronik ekipmanlara dair bilgiler elektronik eğitim videomuzda verilecektir.

Sensor Type	Model	Purpose
Air Pressure	BMP180	Measurement of altitude by using air pressure
Air Temperature	BMP180	Measurement of air temperature
GPS	Adafruit Ultimate GPS	Determination of location
Power Voltage	Teensy 3.5's Analog Pin	Measurement of payload battery voltage
Pitch and Roll	MPU 6050	Verification of stability
Auto-gyro Blade Spin Rate	FC-33	Measurement of RPM
Camera	Adafruit Mini Spy Camera	Recording video during descent

Şekil 19 - Sensörler ve Görevleri

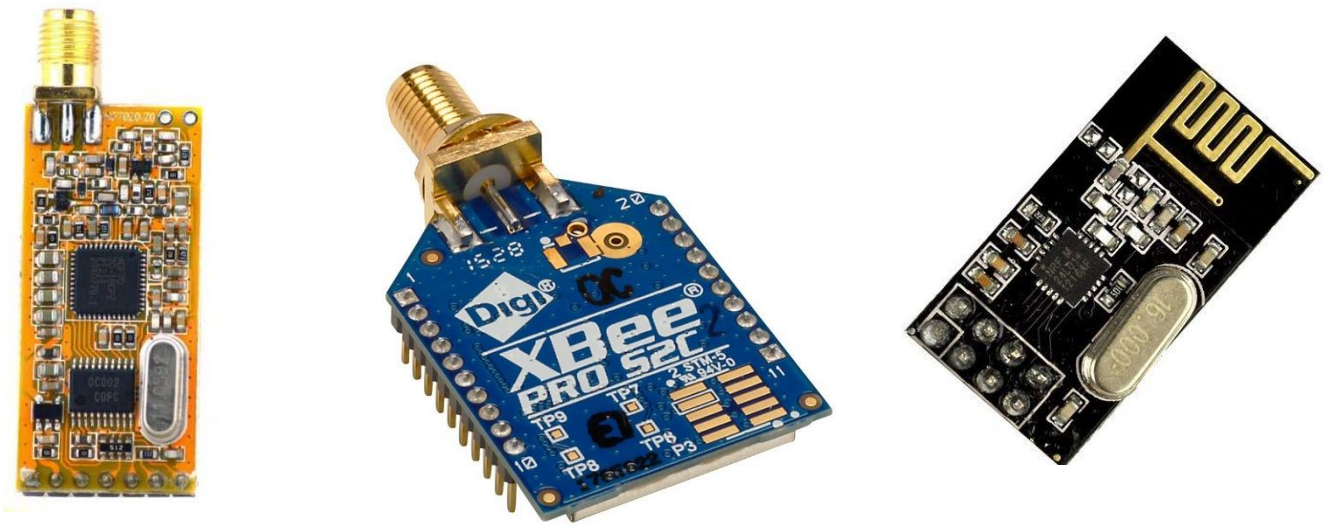


Şekil 20 - Elektrik Blok Diyagramı

2.1.4. Haberleşme Modülleri

Haberleşme modüllerini kullanmamızın amacı, uydumuzun havadayken topladığı verileri anında yerde bulunan bir bilgisayara (yer istasyonu) aktarmasını sağlamaktır. Bir alıcı bir de verici olarak iki haberleşme modülümüz olmalı ve bunlar aynı marka ve modelde olmalı. Ayrıca hem yer istasyonundaki hem de uydudaki haberleşme modülüne anten takılmalıdır. Haberleşme modülünüzün çalışma frekansına uygun anten modelleri bulabilirsiniz internette. Özetlemek gerekirse, uydunuzu haberleştirmek için en basit haliyle 2 haberleşme modülüne ve 2 antene ihtiyacınız var.

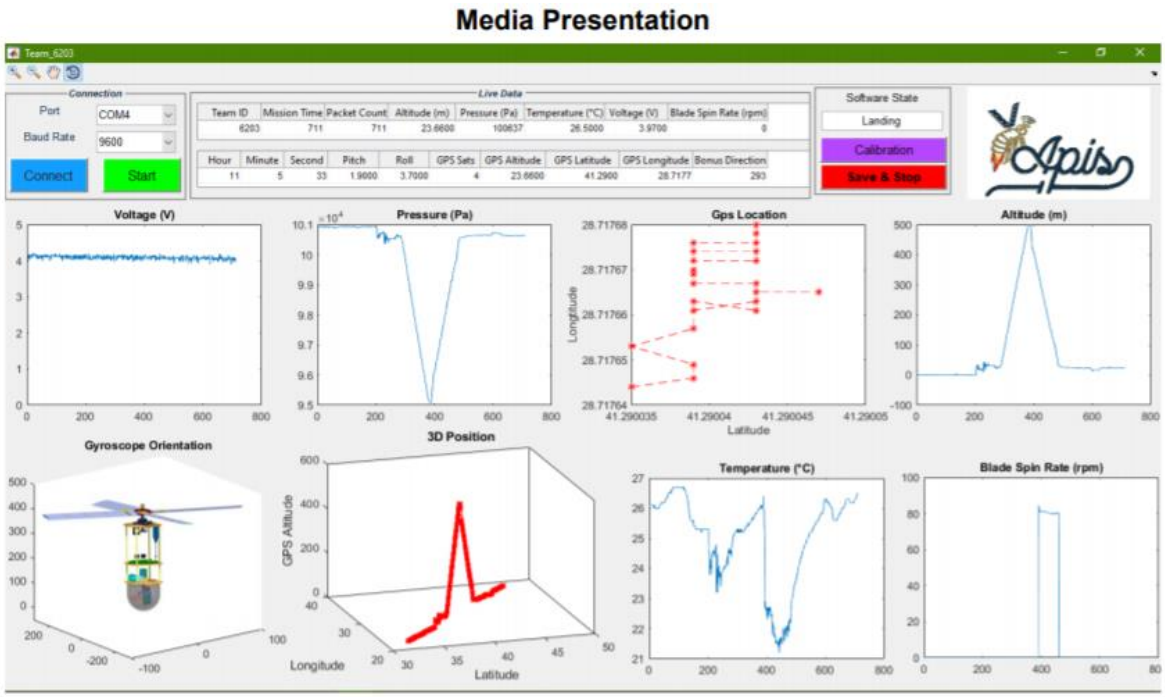
Ekibimiz ABD'deki yarışmada bu zamana kadar hep 2.4 GHz'lik XBee modülleri kullandı. Ancak daha hesaplı modüller bulabilirsiniz. Örnek olarak DORJI ve NRF modüllerini gösterebiliriz. Haberleşme modülleri ile ilgili ek bilgi elektronik eğitim videosunda verilecektir.



Şekil 21 - Haberleşme Modülleri (DORJI, XBEE, NRF)

2.1.5. Yer İstasyonu

Yer istasyonu uydudan gelen bilgilerin toplandığı bilgisayardır. Kendi laptopunuzu yer istasyonu olarak kullanabilirsiniz. Bu istasyonu yapmanın amacı gelen verileri Arduino'nun serial portundan karışık şekilde okumak yerine düzenli şekilde okumaktır. Kısacası, gelen yükseklik verisi için yükseklik adlı bir kutucuk, gelen sıcaklık verisi için sıcaklık adlı bir kutucuk yapmalı ve verinizi Arduino'nun serial portundan buraya çekmelisiniz. Bunu her telemetri verisi için yapmalısınız. Bu arayüzü oluşturmak için C#, MatLAB veya Phyton kullanabilirsiniz. Örnek bir arayüz aşağıda verilmiştir.



Şekil 22 - Yer İstasyonu Arayüzü

https://www.youtube.com/watch?v=sswmaIKrpN0&feature=youtu.be