

BÜYÜK ORANDA ŞEKİL DEĞİŞTİREBİLEN KANAT/ KONTROL YÜZEYLERİNİN UÇUŞTAKİ ETKİLERİ

Yavuz Yaman¹, Serkan Özgen², Melin Şahin³, Ercan Gürses⁴.

ABSTRACT:

This paper introduces the fully morphing aircraft wings and particularly their fuel saving effects during the flight. It is believed that with the advent of technology this concept will find wide applications in future unmanned as well as manned aircraft. The paper after introducing some recent applications, also gives information about the design and analysis methodologies of these types of wings.

Key Words: *Fully morphing wings, smart structures, aircraft design*

ÖZET:

Bu bildiride büyük oranda şekil değiştirebilen uçak kanatları ve kontrol yüzeyleri tanıtılarak, bu yapıların uçuş sürecindeki etkinlikleri özellikle yakıt tasarrufu açısından anlatılmıştır. Gelişen teknoloji ile birlikte geleceğin insansız ve insanlı hava taşıtlarında geniş anlamda yer bulacağına inanılan bu yaklaşımla ilgili olarak öncelikle bazı güncel uygulamalar tanıtılmış, ayrıca tasarım ve analiz yöntemlerine ait çeşitli bilgiler de verilmiştir.

Anahtar Kelime: *Büyük oranda şekil değiştiren kanatlar, akıllı yapılar, uçak tasarımı*

1. AMAÇ:

Bu çalışmada büyük oranda şekil değiştirebilen kanat/ kontrol yüzeylerinin (*fully morphing wings and control surfaces*) uçuş değişkenlerine olan etkileri özellikle yakıt tasarrufu açısından incelenerek, sonuçları değerlendirilmiştir.

¹ Prof. Dr., Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü, ODTÜ, yyaman@metu.edu.tr

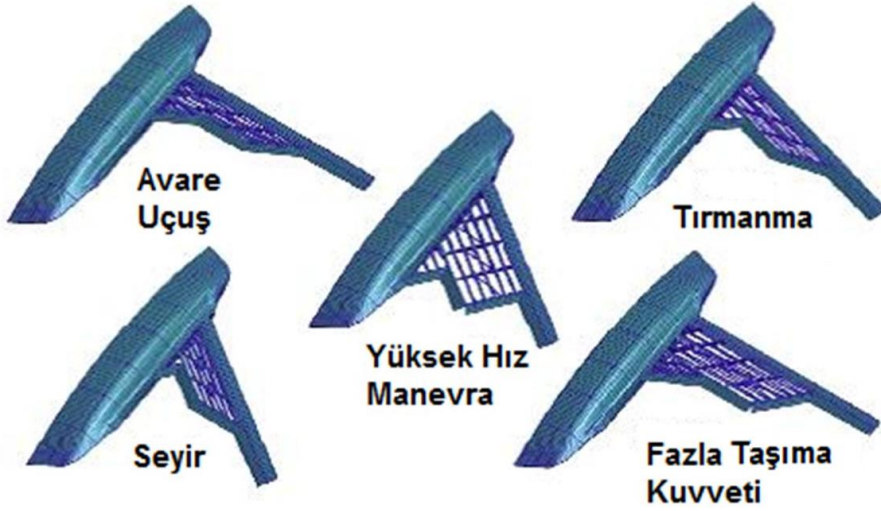
² Prof. Dr., Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü, ODTÜ, sozgen@ae.metu.edu.tr

³ Y. Doç. Dr., Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü, ODTÜ, msahin@metu.edu.tr

⁴ Y. Doç. Dr., Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü, ODTÜ, gurses@metu.edu.tr

2. MATERYAL ve YÖNTEM:

Günümüzde kullanılan uçaklar konvansiyonel kanat ve kontrol yüzeylerine sahiptirler. Belli bir amaç için tasarlanıp, en iyileştirilen bu uçaklar amaçlanan görev profillerinin dışına çıktığında istenilen ikincil görevleri etkin bir şekilde yerine getiremezler. Şekil 1, farklı uçuş evrelerinde aerodinamik açıdan en iyi sonucu verebilecek kanat yüzeylerini göstermektedir.



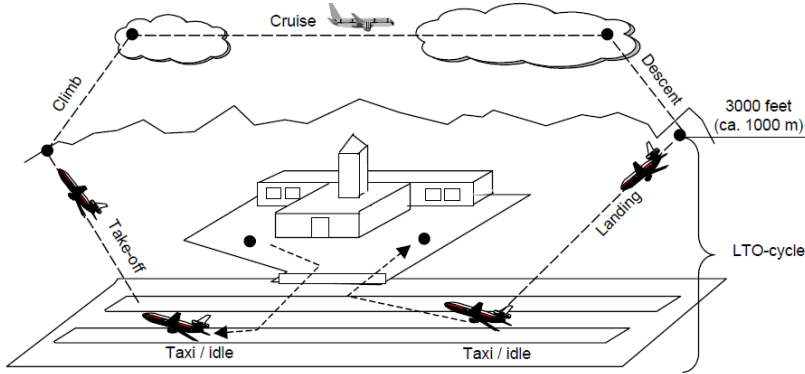
Şekil-1: Farklı Uçuş Evrelerindeki Etkin Aerodinamik Kanat Yüzeyleri
Kaynak: Canfield and Westfall: 2008.

Buna ilaveten konvansiyonel kanatlar, sahip oldukları flap/kanatçık mekanizmaları nedeniyle sürtünme kuvvetini, buna bağlı olarak da yakıt tüketimini ve gürültüyü arttırlar.

Bir uçağa ait bir kanadın uçuş sırasında farklı şekilleri etkinlikle alabilmesi için kanat yapısındaki giriş ve sınırların çeşitli mekanizmalar/uyarıcılar yardımıyla boyutlarının/yerlerinin değiştirilebilmesi; kanat kabuğunun bu değişiklikleri takip edecek derecede esnek, ancak maruz kalınacak aerodinamik yüklere dayanabilecek düzeyde mukavim olması; ortaya çıkacak kanat profil ve boyutlarının aerodinamik açıdan yeterli etkinliği gösterebilmesi yanında aeroelastik açıdan da olabildiğince sorunsuz bir kanat oluşturması ve tüm bu işlemlerin algılanacak atmosfer ve uçuş koşullarına göre mümkün olduğunca otomatik olarak yapılabilmesi gerekmektedir. Şüphesiz ortaya çıkacak kanat/kontrol yüzeyinin üretilebilmesi ve bakımının da kolaylıkla yapılabilmesi göz

önünde tutulması gereken önemli etkenlerdir. Görüldüğü gibi problemin çözümü sadece çok disiplinli bir çalışma değil, yoğun disiplinlerarası etkinlikler de gerektirmektedir. Konu üzerinde gerek sivil havacılık (*CleanSky*) gerekse de askeri havacılık (6. Nesil uçaklar) açısından çalışmalar sürmektedir.

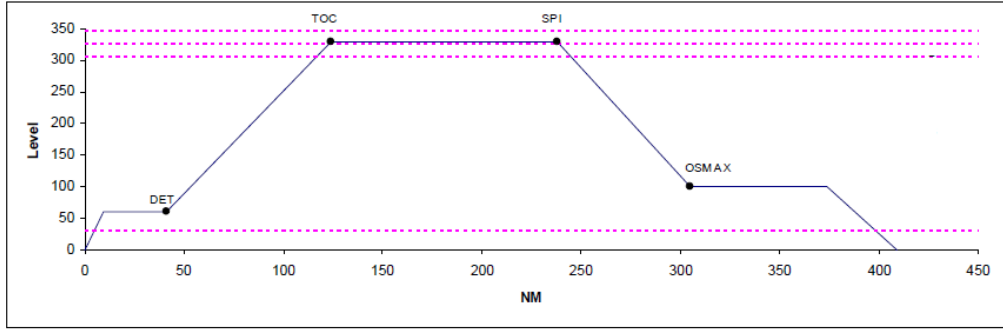
Bu çalışmalar sonucunda özellikle CO₂ ve NO_x emisyonlarında önemli azaltılmalar hedeflenmektedir. Uçuş evreleri bir yaklaşıma göre iki kısımda incelenmiş (Rypdal:2000, Technical Discussion Document 4.2: 2008) ve 1000 metre altındaki aktiviteler iniş-kalkış süreci (*LTO, Landing and Take-off Cycle*), 1000 metre üzerindeki aktiviteler ise seyir (*cruise*) olarak gruplanmıştır. Şekil 2’de gösterilen bu yaklaşımla ilgili bazı hesaplara göre, kullanılan yakıtın %5 ila %20 si LTO sürecinde harcanmaktadır. Yolcu uçaklarının kanat ve kontrol yüzeyleri en verimli seyir özellikleri verecek şekilde tasarlansalar da; LTO süreci için en iyileştirilmiş kanat tasarımlarının (*optimum wing design*) yakıt sarfiyatını ve hava kirliliğini azaltacağı açıktır.



Şekil-2: Bir Yolcu Uçağının Tipik Uçuş Evreleri

Kaynak: Rypdal:2000, Technical Discussion Document 4.2: 2008

Buna ilaveten tipik bir B737-800 uçuşunun taksi, kalkış, yükselme, seyir, alçalma ve iniş kapsayan tüm evreleri incelenerek yapılan bir çalışmada (Technical Discussion Document 7.0: 2008); kullanılan yakıtın yaklaşık %16 sının seyir evresinde, %84 lük oranının da kalan tüm uçuş evrelerinde harcadığı belirlenmiştir. Bu konu ilgili uçuş profili ve veriler Şekil 3’te gösterilmiştir. Bu da uçaklarda kanat ve kontrol yüzeyi tasarımındaki en iyileştirmenin sadece seyir için değil; uçuşun tüm evreleri için yapılması gerekliliğini ve bunun önemini sergilemektedir.



From	To	Known fuel burn (kg; cumulative total)	Event	Dist. (NM)	Distance (NM; cumulative total)
EGLL gate	EGLL runway	170	TAXI		
EGLL runway	DET (FL60)	861	TO/CLB/CRZ/CLB	41	41
DET (FL60)	FL305	1913	CLB	83	124
FL305	FL325		CLB		
FL325	TOC (FL330)	2487	CRZ	114	238
TOC (FL330)	SPI (FL330)	2595	DSC	67	305
SPI (FL330)	FL325		DSC		
FL325	FL305	3400	DSC	104	409
FL305	OSMAX (FL100)		DSC		
OSMAX (FL100)	EDDF runway	3525	DSC/CRZ/DSC/TD		
EDDF runway	EDDF gate		TAXI		

Şekil-3: Bir Boeing 737-800 Yolcu Uçağının Uçuş Evrelerindeki Yakıt Tüketimi
Kaynak: Technical Discussion Document 7.0:2008

Tüm uçuş evreleri için en iyileştirilmiş kanat/kontrol yüzeyi yapısına sahip bir hava taşıtı, farklı görev profilleri için tasarlanmış ve en iyileştirilmiş farklı hava taşıtlarının görevini de tek başına yerine getirebilme yeteneğine sahiptir. Bu da birden fazla taşıtın yaratacağı hava kirliliğinin önüne geçilmesine olanak tanıyan potansiyellerden biridir.

Uçakların farklı uçuş evrelerinde etkin performans göstermeleri, farklı uçuş koşullarına uyumlu olacak şekilde en iyileştirilmiş kanat ve kontrol yüzeylerine sahip olmalarıyla mümkündür. Bu da uçakların uçuş sürecinde kanat ve kontrol yüzeylerinin büyük oranda şekil değiştirmelerini gerektirmektedir. Bu yaklaşımın getireceği yararlarından birisi de uçuşun tüm evrelerinde taşıma kuvvetinin sürüklenme kuvvetine olan oranının artırılmasıdır. Öte yandan kanat üzerindeki akışın belli uçuş evrelerinde yüzeyden kopmasının önüne geçilerek buna bağlı aerodinamik gürültü de azaltılabilecektir. Büyük oranda şekil değiştiren kanatların olası bir yararı da bazı acil durumlarının

önlenebilecek olmasıdır. Herhangi bir olası motor arızası durumunda kanat alanını otomatik olarak arttırılabilme yeteneği ve bunun uygulanabilirliği hem perdövites hızını azaltacak, hem de süzülüş performansının artmasına olanak sağlayacaktır.

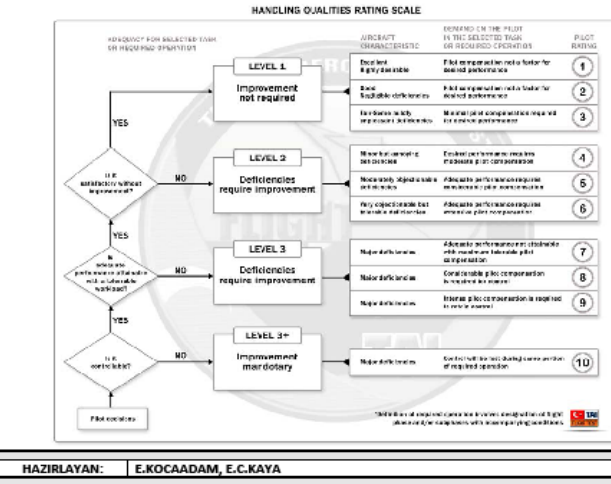
ODTÜ Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü'nde 2007 yılından bu yana şekil değiştirebilen kontrol yüzeyleriyle ilgili çeşitli çalışmalar yapılmaktadır (TÜBİTAK 107M103 Projesi: 2011, Ünlüsoy: 2010, İnsuyu: 2010, Sakarya: 2010). TÜBİTAK 107M103 projesiyle, firar kenarında yapısal değişiklikler yapılarak flap ve kanatçıklarındaki kamburluk oranı değiştirilebilen, bir İnsansız Hava Aracı ODTÜ'de özgün olarak tasarlanmış ve TAI'de üretilmiştir. Şekil 4'te gösterilen bu uçakla çeşitli uçuş testleri de yapılmış ve testler sonucunda geliştirilen kambur değişikliği yönteminin başarılı olduğu Cooper-Harper değerlendirmeleriyle de doğrulanmıştır. 26 Mayıs 2010 tarihli ilk uçuşa ait Cooper- Harper test sonucu Şekil 5' de gösterilmiştir.



Şekil-4: ODTÜ Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümünde TÜBİTAK 107M103 Projesi Kapsamında Tasarlanan, TAI de Üretilen ve Uçurulan İnsansız Hava Aracı

COOPER-HARPER DEĞERLENDİRMESİ:

Görev	Pilot Notu
Kalkış koşusunda orta hattın tutulması	3
Tirmanışın kararlı gerçekleştirilmesi	2
Düz uçuşun gerçekleştirilmesi	3
Süzülmenin kararlı gerçekleştirilmesi	2
İniş koşusunda orta hattın tutulması	4

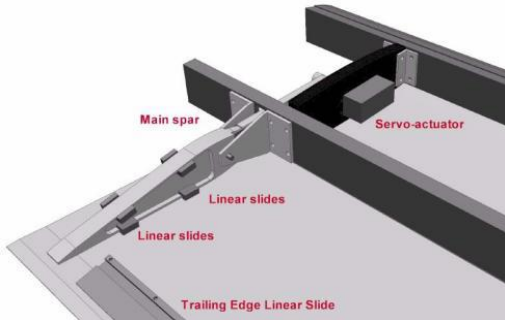


Bu form tamamlandıktan sonra yukarıda başlığı ve numarası belirtilen doküman ile birlikte arşivlenecektir.

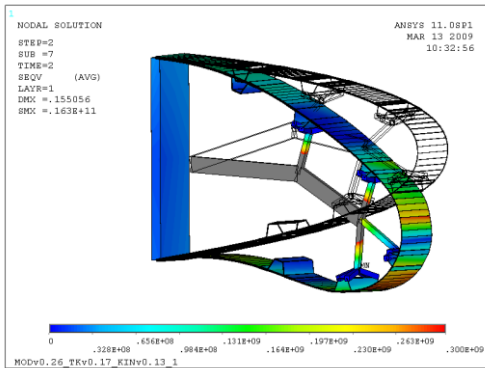
© TAI 2008. Bu doküman TAI'nin mülki. Hiç bir kısmı veya tamamı TAI'nin yazılı izni olmadan çoğaltılamaz veya yayımlanamaz. İçerdiği açıklanamaz. Her hakkı saklıdır.

Şekil-5: ODTÜ Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümünde TÜBİTAK 107M103 Projesi Kapsamında Tasarlanan İnsansız Hava Aracının 26 Mayıs 2010 Tarihli İlk Uçuş Testi Cooper-Harper Değerlendirmesi

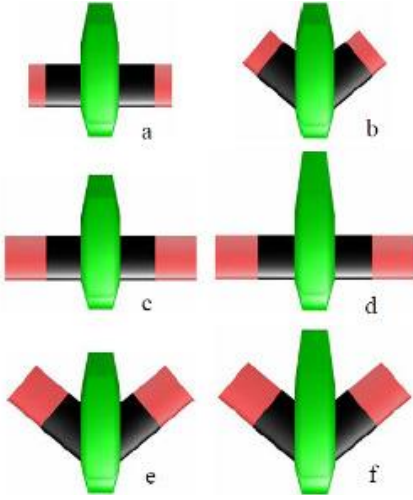
Konu ile ilgili olarak yapılan diğer çalışmalarda özellikle kanadın formunu değiştirici görüşler ne sürülmektedir. Milano Polytechnic Üniversitesince geliştirilen (Ricci: 2008) ve firar kenarında değişiklik sağlayan yaklaşımdan (şekil 6), TBTAK 107M103 projesi kavramsal tasarımında yararlanılmıştır. Bir Avrupa Birliği projesi olan SADE (*Smart High Lift Devices for Next Generation Wings*) kapsamında hücum kenarında değişiklik sağlayan yaklaşımlar geliştirilip (şekil 7); bir A320 uçağına başarıyla uygulanmıştır (Kintscher, Heintze ve Monner: 2010). Bir diğer yaklaşımda ise hem kanat boyu hem de kuyruk boyu teleskopik olarak değiştirilmiş (şekil 8), ayrıca kanada süpürme açısını değiştirebilme yeteneği de eklenmiştir (Neal, Good, Johnston, Robertshaw, Mason, ve Inman: 2004).



şekil-6: : Milano Polytechnic niversitesinde Geliştirilen Firar Kenarı Kavramı
Kaynak: Ricci: 2008.



şekil-7: SADE Projesi Kapsamında Geliştirilen Hücum Kenarı Kavramı
Kaynak: Kintscher, Heintze ve Monner: 2010.



Şekil-8: Kanat ve Gövdesi Teleskopik Olarak Değişen ve Süpürme Açısını Değiştirme Yeteneği Olan Yaklaşım

Kaynak: Neal, Good, Johnston, Robertshaw, Mason, ve Inman: 2004.

3. BULGULAR:

Büyük oranda şekil değiştirebilen kanat/ kontrol yüzeylerinin tasarımında en kritik nokta kabuklardır. Kabukların hem belirgin miktarda şekil değiştirebilecek esneklikte, hem de maruz kalacak hava yüklerine direnebilecek mukavemette olmaları beklendiğinden; tasarım ve üretim süreçlerinde kullanılacak kabuk malzemelerinin hem anizotropik hem de değişken direngenliğe (*variable stiffness*) sahip olmaları avantaj olacaktır. Kanat iç yapısı kullanılacak çeşitli mekanizmalar yardımıyla hareket ederek kanat alanını büyültüp küçültürken, kabuk ta yırtılmadan bu hareketleri takip edebilmelidir. Karbon nano tüplerle güçlendirilmiş polimerler/ şekil hafızalı polimerler aday malzemeler olarak öne çıkmaktadırlar (Thill, Etches, Bond, Potter ve Weaver: 2008).

Kanatların/ kontrol yüzeylerinin esneklikten dolayı çok fazla miktarda hareket edebilmeleri ve bunun yanında kullanılacak polimer malzemelerinin getireceği olası malzeme doğrusalsızlığı klasik, doğrusal yapısal analiz yöntem ve gereçlerinin kullanımını neredeyse imkansız kılmaktadır. Bu nedenle yapısal tasarım ve analiz sürecinde doğrusal olmayan yöntemlerin (*nonlinear analysis methods*) ve programların geliştirilmesi ve

kullanılması gerekmektedir. Yapısal doğrusalsızlıklar, aerodinamik yükler altında davranışın incelenmesini sağlayan aeroelastik analiz yöntemlerinin de doğrusal olmayacak şekilde (*nonlinear aeroelasticity*) geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

4. SONUÇ:

Bu bildiriye, gelecekteki gerek insansız, gerekse de insanlı uçaklarda kullanılma olasılığı yüksek olan, büyük oranda şekil değiştirebilen kanat/ kontrol yüzeyleri tanıtılmış ve uçuştaki etkinlikleri, özellikle sağlayabilecekleri yakıt tasarrufu açısından gösterilmiştir. Çeşitli güncel araştırmalara da konu olan yaklaşımla ilgili örnekler tanıtılmış, kullanım için geliştirilmesi gerekli olan tasarım ve analiz yöntemleri belirtilmiş ve nedenleri açıklanmıştır.

KAYNAKÇA:

Canfield ve Westfall (2008), “Distributed Actuation System for a Flexible in-plane Morphing Wing”, Advanced Course on Morphing Aircraft, Mechanisms and Systems, Lisbon, Portekiz.

Rypdal (2000), “Aircraft Emissions”, Intergovernmental Panel on Climate Change, Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, Unites Nations Environment Programme, New York.

Technical Discussion Document 4.2 (2008), “Including Climate Impacts of NOX in a Dynamic Cost Indexing Tool”, Innovative Cooperative Actions of Research and Development in EUROCONTROL Programme CARE INO III; Imperial College, Londra, İngiltere.

Technical Discussion Document 7.0 (2008), “Outline Instructions for Calculating Emissions and Associated Costs and Impacts”, Innovative Cooperative Actions of Research and Development in EUROCONTROL Programme CARE INO III; Imperial College Londra, İngiltere.

TÜBİTAK 107M103 Projesi (2011), “Taktik İnsansız Hava Araçlarının Göreve Uyumlu Kanatlarında Kambur ve Burulma Etkisinin Çırpma ve Kontrol Yönünden Analizi”.

Ünlüsoy (2010), “Structural Design and Analysis of the Mission Adaptive Wings of an Unmanned Aerial Vehicle”, Y. Lisans Tezi, ODTÜ, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü.

İnsuyu (2010), “Aero-Structural Design and Analysis of an Unmanned Aerial Vehicle and its Mission Adaptive Wing”, Y. Lisans Tezi, ODTÜ, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü.

Sakarya (2010), “Structural Design and Evaluation of an Adaptive Camber Wing”, Y. Lisans Tezi, ODTÜ, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Bölümü.

Ricci (2008), “Adaptive Camber Mechanism for Morphing-Experiences at DIA-PoliMi”, Advanced Course on Morphing Aircraft, Mechanisms and Systems, Lisbon, Portekiz.

Kintscher, Heintze ve Monner (2010), “Structural Design of a Smart Leading Edge Device for Seamless and Gapless High Lift Systems”, 1st EASN Association Workshop on Aerostructures, Paris, Fransa.

Neal, Good, Johnston, Robertshaw, Mason ve Inman (2004), “Design and Wind-tunnel Analysis of a Fully Adaptive Aircraft Configuration”, 45th AIAA/ ASME/ ASCE/ AHS/ ASC Structures, Structural Dynamics & Materials Conference.

Thill, Etches, Bond, Potter ve Weaver (2008), “Morphing Skins”, *The Aeronautical Journal*.