

YAKLAŞMA İNİŞ SİSTEMLERİNDE İLERİ TEKNOLOJİLER

Sefer ATAŞ*

Savunma Sanayii Müsteşarlığı
satas@ssm.gov.tr

Osman KOÇ

Hava Kuvvetleri Komutanlığı
kocosman@hvkk.tsk.tr

Mehmet Emre ÇİFTÇİBAŞI

Savunma Sanayii Müsteşarlığı
meciftcibasi@ssm.gov.tr

Mustafa KILINÇ

Savunma Sanayii Müsteşarlığı
mustafakilinc@ssm.gov.tr

Deniz ALTIN

Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş
daltin@stm.com.tr

Başak Gonca ÖZDEMİR

Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş
bozdemir@stm.com.tr

Alper YEŞİLYURT

Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş
ayesilyurt@stm.com.tr

Geliş Tarihi: 30 Mayıs 2014, **Kabul Tarihi:** 30 Haziran 2014

ÖZET

21. yüzyılda dünyanın ulaştığı teknolojik seviye, yaklaşma iniş sistemleri konusunda yeni bir çağ başlatmıştır. Tüm dünyada sivil ve askeri hava araçlarının iniş ve kalkışlarında halen kullanılan Hassas Yaklaşma Radarı ve Aletli İniş Sistemi gibi sistemler, orta ve uzun vadede uydu sinyallerini kullanan yeni sistemlerle güncellenecektir. Söz konusu yeni sistemlerin geliştirilmesinde çevresel şartların etkilerini azaltarak sinyal kalitesini artıracak çeşitli yer kesimi ve hava aracı aviyonik birimlerinin ve ilgili algoritmaların geliştirilmesi gerekmektedir. Türkiye ve tüm dünya için yeni bir araştırma konusu olan söz konusu sistemlerde, mevcut ve gelecekteki uydu kümeleriyle birlikte çalışabilirlik önem arz etmektedir. Bu çalışmada uydu tabanlı yaklaşma iniş teknolojilerine genel bakışla birlikte sistemlere yönelik teknik bilgiler verilmiş, Uydu Tabanlı Destek Sistemi (UTDS) ve Yer Tabanlı Destek Sistemi (YTDS)'nin örnek uygulamalar ile birlikte askeri kullanımda sağladıkları operasyonel avantajlar detaylandırılmış, ileri teknolojilerin kullanıldığı yaklaşma türleri hakkında genel bilgiler verilmiş, İHA'larda UTDS/YTDS kullanımı ve otomatik kalkış ve iniş desteğinin önemi ile birlikte operasyonel kullanımı etkileyen faktörlere ve askeri ve sivil yaklaşma iniş sistemlerinin birlikte çalışabilirliğine yer verilerek Türkiye'nin gelecekte iyi bir konumda olması için yapılması gereken çalışmalar ve taslak UTDS/YTDS yol haritası sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yaklaşma, İniş, İleri, Teknoloji, UTDS, YTDS

ADVANCED TECHNOLOGIES IN APPROACH AND LANDING SYSTEMS

ABSTRACT

Technological achievement level of the world in 21st century, lead to a new era for approach and landing systems. Systems used for takeoff and landing of civilian and military aircrafts in the world, such as precision approach radar and instrument landing systems, will be modernized with new systems using satellite signals in mid and long term. Through the research of such new systems, new ground segment and aircraft avionics units and algorithms need to be developed for improving the signal quality under adverse meteorological conditions. In this new research topic for both Turkey and the whole world, interoperability with current and future satellite constellations is very important. In this study, a general view of satellite based approach and landing systems and technical requirements for these systems are given, typical applications of Satellite Based Augmentation Systems (SBAS) and Ground Based Augmentation Systems (GBAS) among with military operational advantages are detailed, approach types for advanced technology systems are generalized, usage of SBAS/GBAS systems in UAVs and importance of automatic takeoff and landing systems, operational limits and interoperability of

* Sorumlu Yazar ATAŞ, KOÇ, ÇİFTÇİBAŞI, KILINÇ, ALTIN, ÖZDEMİR, YEŞİLYURT

military and civilian systems is given and finalized with a short list of "To Do"s for Turkey on approach and landing systems and draft SBAS/GBAS roadmap.

Keywords: Approach, Landing, Advanced, Technology, SBAS, GBAS

1. GİRİŞ

Günümüzde askeri ve sivil amaçlı geliştirilmiş seyrüsefer, hassas yaklaşma ve iniş sistemleri, hava araçlarının zorlu hava ve arazi koşullarında operasyonel kabiliyetlerini ifâ etmelerini sağlamaktadır. 1900'lü yılların başlarından itibaren kullanılmaya başlayan ve günümüzde farklı seviyelerde operasyonel olarak kullanılmakta olan yaklaşma, iniş sistemleri ve seyrüsefer destek cihazları (ILS, PAR, NDB, VOR, TACAN, vb.) güvenilir çözümler sunmaktadır.

Kullanılmakta olan yaklaşma iniş sistemleri, seyrüsefer destek cihazları ve ilgili alt birimlerine ilişkin üretici desteğinin giderek azalması, belirtilen sistemlerin kapsama alanının ufuk görüş açısı ile sınırlı olması ve havacılık uygulamalarında ihtiyaç duyulan yüksek güvenilirlik ve hazır olma durumu gereksinimleri kurulum, işletme ve bakım maliyetlerini artırmaktadır. Bunun sonucu olarak, belirtilen maliyetler tüm hava meydanları tarafından karşılanamamaktadır. Ayrıca, mevcut sistemlerin çoğunun coğrafi kısıtlara sahip olmaları operasyonel verimlilik, harekât kabiliyeti ve güvenlik açısından kritiklik arz etmektedir. Bu nedenlerden dolayı belirtilen sistemlerin yerlerini verimlilik arz eden ve maliyet etkin çözümlere bırakması öngörülmektedir.

Küresel uydu tabanlı seyrüsefer sistemleri (GNSS; GPS, GLONASS, vb.) askeri ve sivil havacılıkta seyrüsefer amaçlı kullanılıyor olsa da, hassas yaklaşma ve iniş sistemlerinin sahip olması gereken hassasiyet, bütünlük, hazır olma ve devamlılık gibi performans isterlerini karşılayamamaktadır. Uydu

Tabanlı ve Yer Tabanlı Destek Sistemleri (UTDS, YTDS) bu noktada ihtiyaç duyulan performans isterlerini çeşitli seviyelerde karşılayarak en son gelişmeleri yansıtan ve maliyet etkin çözümler sunan teknolojiler konumundadır. Yurt içinde UTDS ve YTDS sistemlerinin geliştirilmesi yönündeki çalışmalar 2012 yılında Savunma Sanayii Müsteşarlığınca başlatılmış ve halen devam etmektedir [1] [2].

Askeri ve sivil yaklaşma inişlerde kullanılması hedeflenen milli sistemlerin, orta ve uzun vadede kullanıma alınması amacıyla yurt içindeki imkân ve kabiliyetlerin araştırılması yönünde başlayan çalışmalar, sabit ve döner kanatlı hava araçlarının yanı sıra İHA'lara yönelik olarak da derinleştirilmektedir. Uydu tabanlı yaklaşma ve iniş sistemlerinin döner kanatlı platformların deniz platformlarına inişlerinde de yaklaşma ve iniş desteği sağlaması yönünde dünyadaki çalışmalar incelenmektedir.

2. TEKNOLOJİLERE GENEL BAKIŞ

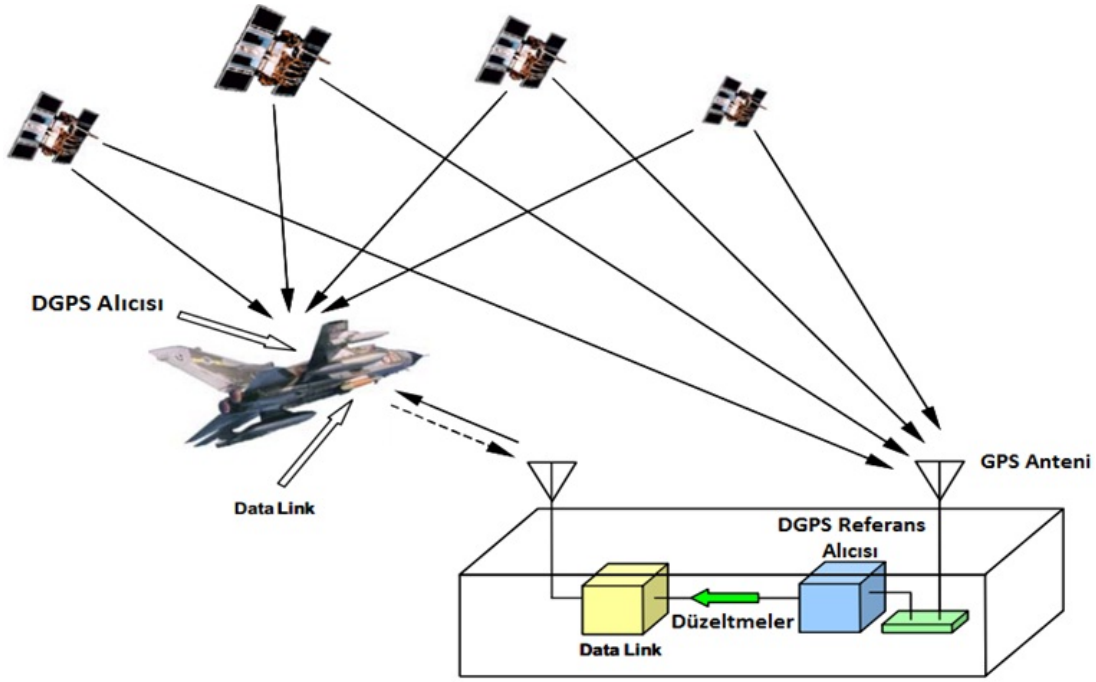
GNSS uydu takımlarının operasyonel olarak kullanılabilir hale gelmesi ile kara, hava ve deniz platformlarında uydu tabanlı seyrüsefer kullanımı mümkün hale gelmiştir. Günümüzde temel olarak kullanılmakta olan GNSS uydu takımları, ABD tarafından işletilen Global Positioning System (GPS) ve Rusya Federasyonu tarafından işletilen Global Navigation Satellite System (GLONASS)'dır. Bununla birlikte, Avrupa (GALILEO) ve Çin (BEIDOU) tarafından da, GPS ve GLONASS sistemleri ile birlikte çalışabilir olan GNSS uydu takımları geliştirilmektedir. (Tablo 1)

Tablo 1. Küresel seyrüsefer uydu sistemleri (GNSS).

Sistem	GPS	GLONASS	GALILEO	BEIDOU
Durum	Operasyonel	Operasyonel	Geliştirilme Aşaması	Geliştirilme Aşaması
Ülke	ABD	Rusya	AB	Çin
Yörüngelere Göre Uydu Sayısı (2014 yılı itibarıyla)	31 MEO uydusu	29 MEO uydusu	4 MEO uydusu	5 GEO, 5 IGSO, 4 MEO uydusu

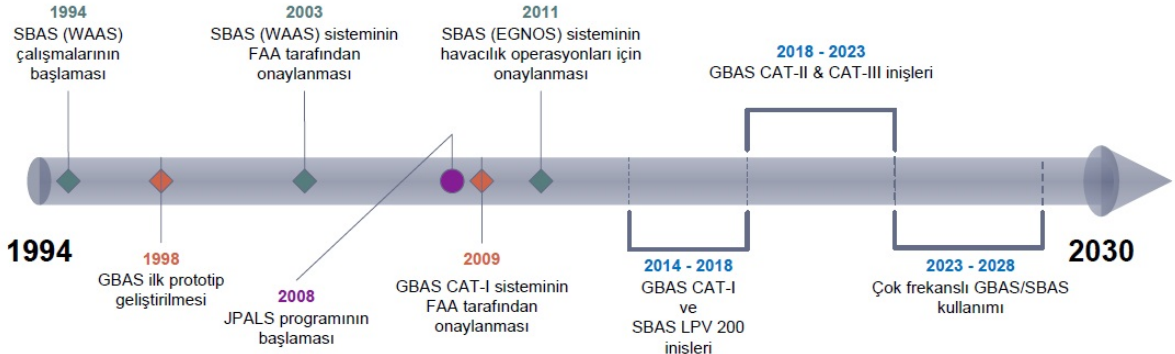
GNSS sistemlerinin tek başına kullanımı bütünlük (integrity) başta olmak üzere, devamlılık (continuity), hazır olma durumu (availability), hassasiyet (accuracy) ve uyarı süresi (time to alert) gereksinimlerinin sağlanmasında yeterli olmamaktadır. Bu nedenle, hassas yaklaşma ve iniş operasyonları için destek sistemleri kullanılarak GNSS bilgisinin düzeltilmesi, hata miktarlarının azaltılması ve performans

gereksinimlerinin karşılanması sağlanabilmektedir. Bu amaçla, temel olarak DGNS (Differential Global Navigation Satellite System) kullanılmaktadır. DGNS'te, konumu bilinen referans veya kontrol alıcıları kullanılarak GNSS hataları ölçülmekte ve düzeltme bilgisi kapsama alanı dâhilindeki kullanıcılara (ör: İHA'lar) ulaştırılmaktadır [3]. (Şekil 1)



Şekil 1. DGNSS sistem mimarisi [3].

DGNSS temeline dayanan ve hava araçlarının ilgili (UTDS). Bu sistemlere yönelik dünyada operasyonları için gerekli düzeltmeleri sağlayan iki gerçekleştirilen çalışmaların ana hatlarına ilişkin yol temel destek sistemi bulunmaktadır; Yer Tabanlı Destek haritası aşağıda yer almakta (Şekil 2), bu sistemlere ait Sistemi (YTDS) ve Uydu Tabanlı Destek Sistemi genel bilgileri Bölüm 3.1 ve 3.2’de verilmektedir.



Şekil 2. Dünya’daki YTDS ve UTDS çalışmalarına ait yol haritası.

3. SİSTEMLERE YÖNELİK TEKNİK BİLGİLER

3.1. Uydu Tabanlı Destek Sistemi

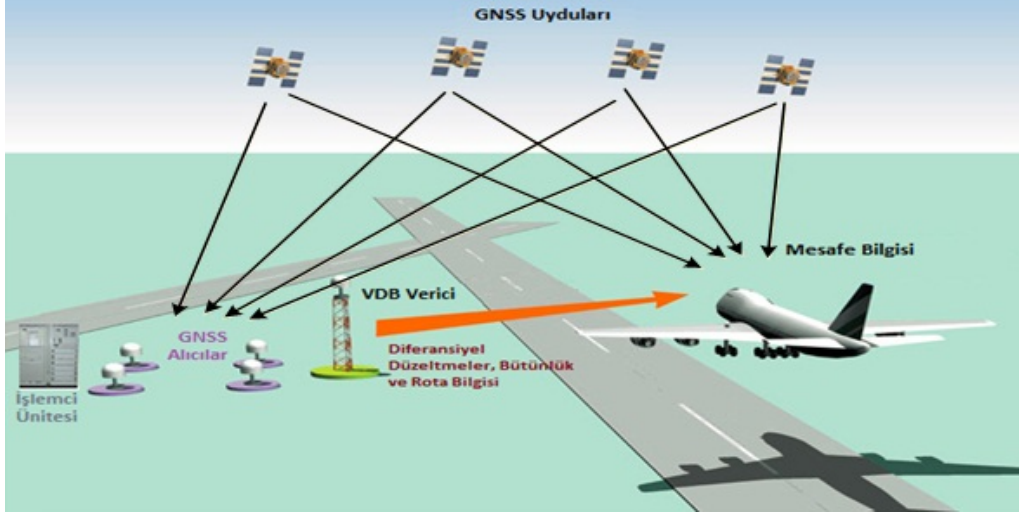
UTDS, GNSS hata kaynaklarına yönelik olarak diferansiyel düzeltme ve bütünlük bilgilerinin oluşturulmasını ve bu bilgilerin aktarıcı görevi yürüten uydular aracılığıyla kapsama alanı içerisindeki kullanıcılara ulaştırılmasını sağlamaktadır. UTDS, tüm uçuş aşamalarında kullanıcılara destek

sunmaktadır. Son yaklaşma ve iniş aşamalarında hassasiyet, bütünlük, hazır olma durumu ve güvenilirlik parametrelerinde iyileştirmeler sağlayarak APV-I ve II seviyesinde yaklaşma ve iniş prosedürlerini mümkün kılmaktadır. UTDS sistemine ilişkin temsili sistem aşağıda gösterilmiştir (Şekil 3).

3.2. Yer Tabanlı Destek Sistemi

Yer Tabanlı Destek Sistemi (YTDS), yer istasyonu tarafından oluşturulan yüksek hassasiyetteki diferansiyel GNSS düzeltme bilgileri ile bütünlük bilgilerinin yer kesiminde bulunan radyo veri bağlantı

ile kapsama alanı (yaklaşık 40 km-23 nm) içerisindeki kullanıcılara ulaştırılmasını sağlamaktadır. YTDS taslak sistem mimarisi aşağıda verilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. YTDS taslak sistem mimarisi [4].

Mevcut hassas yaklaşma ve iniş sistemleri ile kıyaslandığında YTDS'nin sağladığı avantajlar aşağıdaki şekilde belirtilebilir;

- Tüm Pistlere Hizmet,
- Tüm Hava Araçlarına Hizmet,
- Birden Fazla Hava Meydanına Hizmet,
- Düşük Kurulum Maliyeti,
- Düşük Bakım ve İdame Maliyeti,
- Pilotlar İçin Düşük Eğitim Maliyeti,
- Çevresel Kısıtlardan Etkilenmemesi,
- Esnek Teke Koyma Noktası,

- Esnek Yaklaşma ve İniş Rotaları,
- Esnek Hava Trafik Yönetimi,
- Diğer Hava Araçlarından Etkilenmeyen Sistem Mimarisi.

YTDS çalışmaları doğrultusunda YTDS kurulu olan ve yakın gelecekte sistem kurulumu planlanan havaalanları aşağıda gösterilmektedir (Şekil 6). Rusya ve Norveç'te çok sayıda hava meydanında coğrafi ve meteorolojik şartlar sebebiyle ILS kurulumu yapılamamakta ve bu hava meydanlarında uzun yıllardır YTDS sayesinde yaklaşma ve iniş sistemi desteği sağlanmaktadır.



Şekil 6. Dünya'da operasyonel olarak kullanılan YTDS sistemleri.

3.3. UTDS ve YTDS'nin Askeri Kullanımında Sağladıkları Operasyonel Avantajlar

Askeri ve sivil yaklaşma iniş uygulamaları doğrultusunda UTYİS ile desteklenmesi öngörülen temel görevler aşağıda belirtilmektedir [5]:

- Esnek yaklaşma gerektiren operasyon koşulları,
- UTYİS kullanımı olan NATO havaalanlarına gerçekleştirilecek inişler,
- İniş destek sistemi veya iniş için gerekli işaretlerin, koşulların bulunmadığı (helikopter iniş alanı, arazi vb.) operasyonlar,
- İnsansız hava araçlarının gerçekleştireceği otomatik inişler,
- Diğer yaklaşma ve iniş sistemlerinin yetersiz kaldığı hava koşullarında gerçekleştirilecek inişler,
- UTYİS kullanımına başlanmış ulusal veya uluslararası sivil havaalanlarına gerçekleştirilecek inişler.

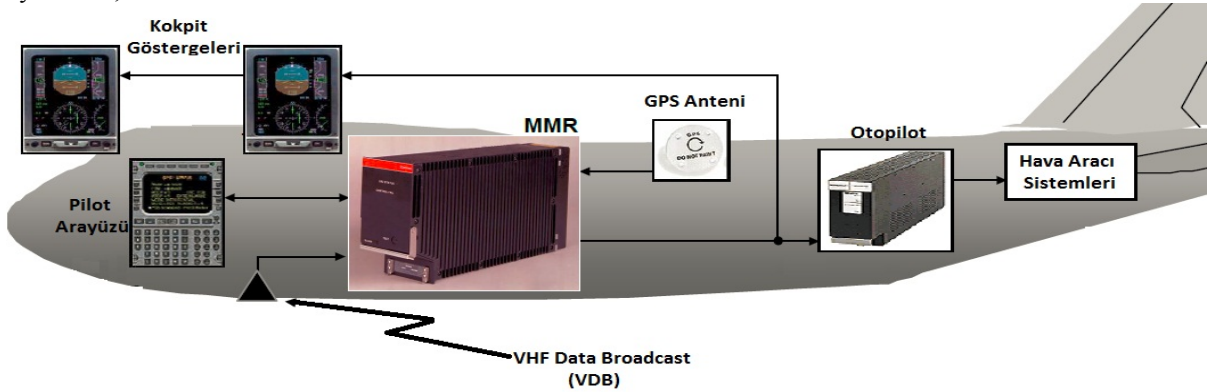
Yukarıda belirtilen yaklaşma ve iniş desteğine ilişkin görevlere ek olarak UTYİS sistemleri askeri alanda hassas konumlama ve bütünlük ihtiyacı bulunan aşağıda listelenen diğer uygulamalarda da çözümler sunmaktadır:

- Kara, deniz ve hava platformlarının hassas seyrüseferi,

- Füze güdümü, hedef bulma,
- Arama kurtarma operasyonları,
- Havadan malzeme ve personel atma operasyonları,
- Havada yakıt ikmali, vb.

3.4. UTDS/YTDS Hava Aracı Kesimi

UTDS/YTDS Hava Aracı Kesimi, yer kesimi vericilerinden yayınlanan düzeltme/bütünlük bilgilerini ve kendi GNSS sinyal ölçümlerini kullanarak hava aracının düzeltilmiş pozisyonunu, ve bu pozisyonun yerden gönderilmiş olan yaklaşma rotası ile kıyaslanması sonucu ortaya çıkan yatay ve dikey sapmaları hesaplayan aviyonik birimlerden oluşmaktadır. ILS, MLS, GBAS ve olası olarak SBAS tabanlı hassas yaklaşma operasyonlarını mümkün kılan hava aracı için Çok Modlu Alıcı (Multi Mode Receiver-MMR) da uluslararası standartlara uygun olarak geliştirilmektedir. Askeri operasyonlar kapsamında kullanılacak olan UTDS/YTDS hava aracı kesimi, sivil UTDS/YTDS hava aracı kesimi ile benzer şekilde çalışmaktadır. Hava aracında bulunan çok modlu alıcı vasıtasıyla GNSS uydularından gelen PPS (P(Y) code) sinyalleri ve yer kesiminden kriptolu olarak gönderilen bilgiler kullanılarak gerekli hesaplamalar gerçekleştirilmektedir. (Şekil 7)



Şekil 7. UTDS/YTDS hava aracı kesimi mimarisi [6].

4. İLERİ TEKNOLOJİLERİN KULLANILDIĞI YAKLAŞMA TÜRLERİ

Askeri ve sivil havacılıkta kullanılan yaklaşma türleri, genel anlamda Yaklaşma, APV ve Hassas Yaklaşma olarak üç başlıkta incelenmektedir (Şekil 8).

4.1. Yaklaşma (Non Precision Approach): Dikey yönlendirme sağlayamamaktadır. Geleneksel olarak VOR, NDB, vb sistemler kullanılırken, yatay yönlendirmenin gerçekleştirildiği LNAV ve LP prosedürleri de mevcuttur.

4.1.1. LNAV (Lateral Navigation): Yatay yönlendirme için GNSS ve/veya UTDS (SBAS) kullanılmaktadır.

4.1.2. LP (Localizer Performance): Yatay yönlendirme için UTDS kullanılmakla beraber bu sayede, daha küçük konum hataları ve açılal yönlendirme elde edilebilmekte ve hava aracı piste yaklaştıkça yatay hassasiyet artmaktadır. Dikey yönlendirme için barometrik altimetre kullanılmaktadır.

4.2. APV (Approach with Vertical Guidance): Yatay ve dikey yönlendirmenin yapıldığı ancak hassas yaklaşma ve iniş için gerekli parametrelerin sağlanmadığı yaklaşımlardır. Hassas yaklaşma ile benzer teknikler kullanıldığı için normal yaklaşımlara kıyasla daha gelişmiş güvenlik sağlamaktadır. Aynı zamanda ILS glide-path kullanılmadığı durumlarda yedek sistem görevi görmektedir.

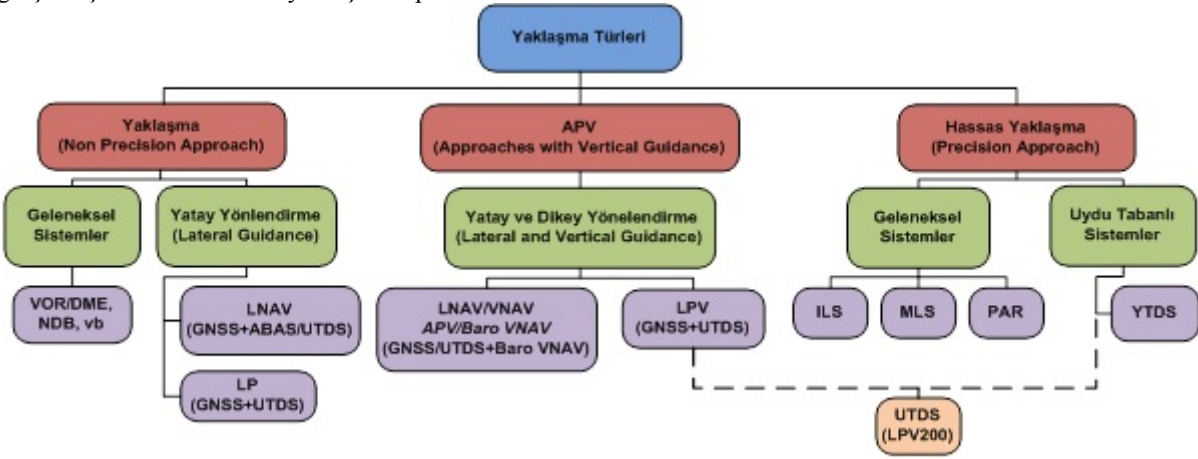
4.2.1. LNAV/VNAV (Lateral Navigation / Vertical Navigation): Yatay yönlendirme GNSS ve/veya UTDS aracılığıyla sağlanırken, dikey yönlendirme ya barometrik altimetre ya da UTDS aracılığı ile sağlanmaktadır.

4.2.2. LPV (Localizer Performance with Vertical Guidance): Yatay ve dikey yönlendirme için UTDS kullanılmaktadır ve sadece UTDS özelliği taşıyan alıcılara ile gerçekleştirilebilmektedir.

4.3. Hassas Yaklaşma (Precision Approach): Yatay ve dikey yönlendirmenin hassas olarak ve operasyon kategorisine göre belirlenmiş olan minimum değerler doğrultusunda gerçekleştirildiği yaklaşımlardır. Yatay ve dikey hassas yaklaşma, on-board seyirüsefer bilgilerinin pilot tarafından kullanılması veya radar ekranından elde edilen bilgilerin kontrolör tarafından telsiz muhaberesi ile pilota aktarılmasıyla gerçekleştirilir. Hassas yaklaşma prosedürlerinde

geçerli olan minimum değerler Tablo-2’de gösterilmektedir.

Hassas yaklaşma için ILS, MLS ve PAR gibi geleneksel sistemler ile YTDS ve UTDS gibi uydu tabanlı sistemler kullanılmaktadır. Geleneksel sistemler Bölüm 2.1 ’de açıklanmaktadır. UTDS kullanılarak gerçekleştirilen LPV200 prosedürleri ile ILS CAT-I seviyesi yaklaşımlarda elde edilen minimum limit değerlere yakın değerler elde etmek mümkündür. Bu nedenle LPV200 yaklaşımları, APV ve hassas yaklaşma arasında yer alan ve “ILS CAT-I benzeri” bir yaklaşma çeşidi olarak değerlendirilebilir. Hassas yaklaşma için YTDS kullanılması durumunda ise CAT-I, CAT-II ve CAT-III seviyesi yaklaşma ve iniş gerçekleştirilmesi mümkündür. Günümüzdeki YTDS sistemleri ile CAT-I seviyesi prosedürler uygulanabilmekte ve CAT-II/CAT-III seviyesi prosedürlerin uygulanabilmesi için çalışmalar devam etmektedir.



Şekil 8. Yaklaşma türleri.

Tablo 2. Yaklaşma kategorilerine göre karar yükseklikleri ve görsel gereksinimler [7].

Kategori	Asgari Alçalma İrtifası (MDA) Karar İrtifası (DA) Karar Yüksekliği (DH)	Görsel Gereker (RVR)	Hassasiyet Yatay %95	Hassasiyet Dikey %95	Uyarı zamanı (Time to alert)		
NPA	MDA ≥ 350 ft	Hava meydanı ekipmanlarına bağlıdır	220 m (720 ft)	Uygulanabilir Değil	10 s		
APV	DA ≥ 250 ft		16.0 m (52 ft)	20m (66 ft)	10 s		
LPV200	DH ≥ 60 m (200ft)		16.0 m (52 ft)	8.0m (26 ft)	6 s		
Hassas Yaklaşma	CAT-I	DH ≥ 60 m (200ft)	Görüş ≥ 800m veya RVR ≥ 550m	16.0 m (52 ft)	6.0m to 4.0m (20ft to 13 ft)	6 s	
	CAT-II	30 m (100ft) ≤ DH ≤ 60 m (200ft)	RVR ≥ 300 m	5 m (≈16 ft)	2.9m (≈9 ft)	2 s	
	CAT-III	A	0 m ≤ DH ≤ 30 m (100ft)	RVR ≥ 175m	5 m (≈16 ft)	2.9 m (≈9 ft)	2 s
		B	0 m ≤ DH ≤ 15 m (50ft)	50 m ≤ RVR ≤ 175 m			
C		DH = 0 m	RVR = 0 m				

5. İHA'LARDA UTDS/YTDS KULLANIMI VE OTOMATİK KALKIŞ VE İNİŞ DESTEĞİ

Türkiye'de İHA geliştirilmesi ve Türk Silahlı Kuvvetleri (TSK) envanterine girmesi yönünde çalışmalar, dünyadaki gelişmelere paralel olarak 1980'li yılların sonunda başlamıştır. TSK envanterine gerçek anlamda giren ilk İHA sistemi, General Atomics / ABD firması üretimi GNAT-750'dir.

1990'lı yıllarda başlatılan yerli İHA üretim çalışmaları, son dönemde daha da yoğunlaşmıştır. Özellikle 2004 sonrasında gerçekleştirilen çalışmalar neticesinde, ülkemizde İHA sistemleri konusunda faaliyet gösteren geniş bir sanayi altyapısı oluşmaya başlamıştır. Hâlihazırda yürütülmekte olan ve yakın zamanda başlatılması planlanan İHA projeleriyle bu altyapının daha da kuvvetlendirilmesi ve genişletilmesi planlanmaktadır.

Bu kapsamda milli İHA'ların envantere girmesi sürecinde bu İHA'lara otomatik kalkış ve iniş desteği sağlayacak milli yaklaşma iniş sistemlerinin geliştirilmesi de önem arz etmektedir.

İHA Sistem konfigürasyonu;

- Platform,
- Faydalı yük (Payloads),
- Haberleşme ve veri link sistemleri ile
- Yer sistemlerinden (Ground Systems) meydana gelmektedir.

Yer Sistemleri kapsamında;

- Yer Kontrol İstasyonu (GCS),
- Otomatik kalkış ve iniş sistemi (ATOLS) ve
- Embedded Trainer başlıkları sıralanmaktadır.

İHA'ların güvenli kalkış ve inişlerinde büyük önem arz eden ATOLS birimlerinde yedekli mimari kullanılmaktadır. Öncelikli ATOLS sistemi olarak RF tabanlı DGPS mevcut olup, DGPS'in yedeği olarak lazer tabanlı veya radar tabanlı sistemlerle İHA'nın konum bilgisini yerden İHA'lara aktararak İHA'ları yönlendiren iniş kalkış sistemleri yer alabilmektedir.

ATOLS birimleri referans istasyonun aldığı GNSS sinyallerini düzelterek, hassas konum bilgisini İHA'ya öncelikle RF, yedek olarak lazer link ile aktarmaktadır. İHA uçuş kontrol bilgisayarı düzeltilmiş GNSS konum bilgisine uygun olarak İHA'nın hareketli yüzeylerini kontrol etmekte ve hava seyrüsefer yönlendirmesini gerçekleştirmektedir.

Milli geliştirilecek UTDS ve YTDS algoritma ve birimlerimizin, milli İHA'larımızın geliştirme ve tedarik sürecinde Şekil 9'da gösterilen otomatik iniş kalkışı mümkün hale getirmesi hedeflenmektedir.



Şekil 9. ANKA İHA otomatik inişi.

6. OPERASYONEL KULLANIMI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Havacılık sektörü gibi güvenliğin yüksek önem taşıdığı alanlarda ve hayati önem arz eden operasyonlarda, UTDS ve YTDS gibi GNSS tabanlı sistemlerin kullanımı esnasında GNSS sinyallerinin sağlıklı ve sürekli bir şekilde kullanılabilmesi büyük önem arz etmektedir. GNSS sinyallerinin sürekliliği ve/veya kalitesini ve dolayısıyla UTDS ve YTDS'nin operasyonel kullanımını etkileyen faktörler aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

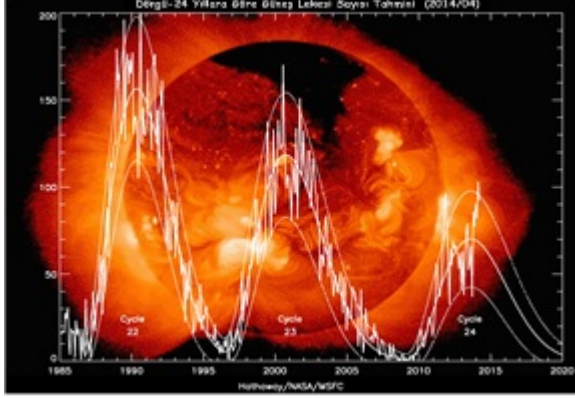
6.1. GNSS Uydu Performansı

GNSS uydularını kontrol eden yer istasyonlarındaki GNSS hata kaynaklarından (multipath, zaman ve frekans referans hataları, kalibrasyon farkları, vb), insan hataları ve sistem arızalarından dolayı uyduların yeterli performansı sağlayamaması GNSS sinyal kalitesini etkileyebilmektedir. Benzer şekilde, uydu kümelerinin idamesini yapacak gerekli kaynakların bulunamaması, fırlatma hataları veya uydu kaybedilmesi sebebiyle gerekli uydu sayısının sağlanamaması da uydu sinyal performansının bozulmasına ve hatta uydu kapsamının yeterli olmaması nedeniyle sinyal kaybına neden olabilmektedir.

6.2. Atmosferik Hava Şartları

Atmosferik etkiler, GNSS sinyallerinin sürekliliği ve kalitesi üzerinde etkisi olan etkenlerin başında gelmektedir. Atmosferik su buharının %99'unu barındıran troposferdeki gaz yoğunluğu ve güneşten gelen radyasyon sebebi ile serbest kalan elektronları barındıran iyonosferdeki elektron yoğunluğu nedeniyle bu katmanlardan geçen GNSS sinyalleri kırılmakta ve GNSS konumlama hassasiyeti etkilenmektedir. İyonosferdeki elektron yoğunluğunun düzensiz dağılım gösterdiği alanlarda ise GNSS sinyallerinde meydana gelen dalgalanmalar nedeniyle sinyallerde ciddi ölçüde azalma ve hatta tamamen kaybolma meydana gelebilmektedir. Güneşten gelen radyasyon miktarında ve buna bağlı olarak iyonosferdeki elektron yoğunluğunda meydana gelen periyodik değişimler güneş aktivitesine bağlı olup bu

periyodik değişimler, “güneş döngüsü” (solar cycle) olarak adlandırılmaktadır. Ortalama 11 yıllık bir süreye sahip olan güneş döngüleri, bu dönemlerde güneş üzerinde meydana gelen “güneş lekeleri” (sun spots) oluşumları izlenerek takip edilebilmektedir. Döngü 24’e ve daha önce gerçekleşmiş olan iki döngüye ait güneş lekesi sayıları aşağıda verilmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Döngülere göre güneş lekesi sayıları ve 2010-2020 yılları arası döngü 24'e ait tahminler [8].

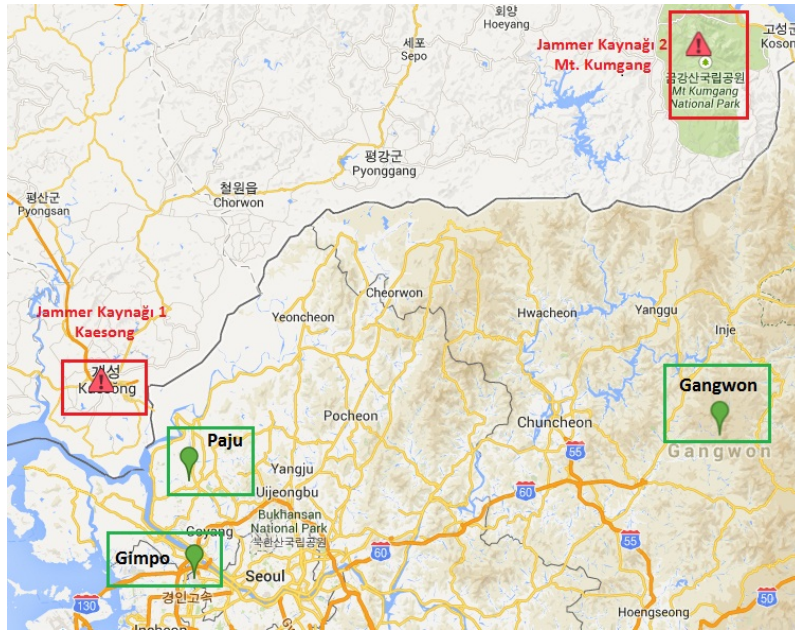
6.3. Sinyal Etkileşimleri

GNSS sinyallerinin gücü alıcılara ulaştığında çok düşük seviyede olduğu için sinyal gücü daha yüksek olan ve GNSS sinyalleri ile aynı frekansı kullanan diğer sinyaller, GNSS sinyallerini kolaylıkla baskılayabilmektedir. GNSS sinyalleri ile aynı frekansta çalışan herhangi bir elektromanyetik ortamın etkileşime neden olması veya etkileşim amacı ile kullanılma ihtimali bulunmaktadır. Uydu iletişim ekipmanlarından kaynaklı parazit yayınlar, portatif elektronik ekipmanlar (örn; cep telefonları vb), GNSS frekansı dışında çalışması gereken elektronik

ekipmanlardaki arızalar sonucu GNSS frekans çakışması gibi kaynaklar nedeniyle kasıtlı olmayan etkileşimler meydana gelebilmekte, GNSS sinyallerinin kullanımının engellenmesi amacıyla kasıtlı olarak müdahale edilmesi durumunda ise GNSS sinyalleri karıştırılabilmekte ve/veya aldatılabilmektedir. Karıştırma, belirli bir coğrafi alan içerisindeki GNSS sinyallerinin kullanılmaması veya bu sinyallerin hassasiyetinin azaltılması amacıyla yüksek güçte ve belirli özelliklere sahip sinyaller yayın cihazlar (GPS karıştırıcılar, vb) kullanılmasıdır. Kasıtlı gerçekleştirilen karıştırma olaylarına örnek olarak Kuzey Kore tarafından Güney Kore'nin kullandığı GPS sinyallerinin engellenmesi gösterilebilir [9]. Kuzey Kore, L1, L2 ve L5 frekans bantlarındaki GPS karıştırma sinyallerini kullanarak yayın noktalarından yaklaşık 50 km mesafede bulunan Gimpo, Paju, Gangwon gibi bölgelerde farklı zaman aralıklarında GPS sinyal kesintisi oluşturmuştur. 2012 yılında gerçekleşen ve yaklaşık 16 gün süren kesintiden 1016 hava aracı ve 254 gemi etkilenmiştir (Şekil 11).

Bir diğer kasıtlı etkileşim türü olan aldatma ise, alıcı tarafından kullanılan gerçek GNSS sinyalinin yerine geçerek alıcının zaman ve/veya konum bilgilerini manipüle etme amacı taşıyan sahte GNSS sinyallerinin kasıtlı olarak yayınlanması veya belirli bölgelerde GNSS sinyal kalitesinin bilinçli olarak azaltılmasıdır.

Aldatma, yanıltıcı olması ve standart GNSS alıcıları tarafından tespit edilememesi sebebiyle diğer etkileşim durumlarına kıyasla daha büyük güvenlik riski oluşturmaktadır. Aldatma konusundaki çalışmalar ve testler tüm dünyada devletlerin kontrolünde gerçekleştirilmektedir.



Şekil 11. Kuzey Kore'nin karıştırma yayını yaptığı (kırmızı) ve Güney Kore'de etkilenen bölgeler (yeşil) [9].

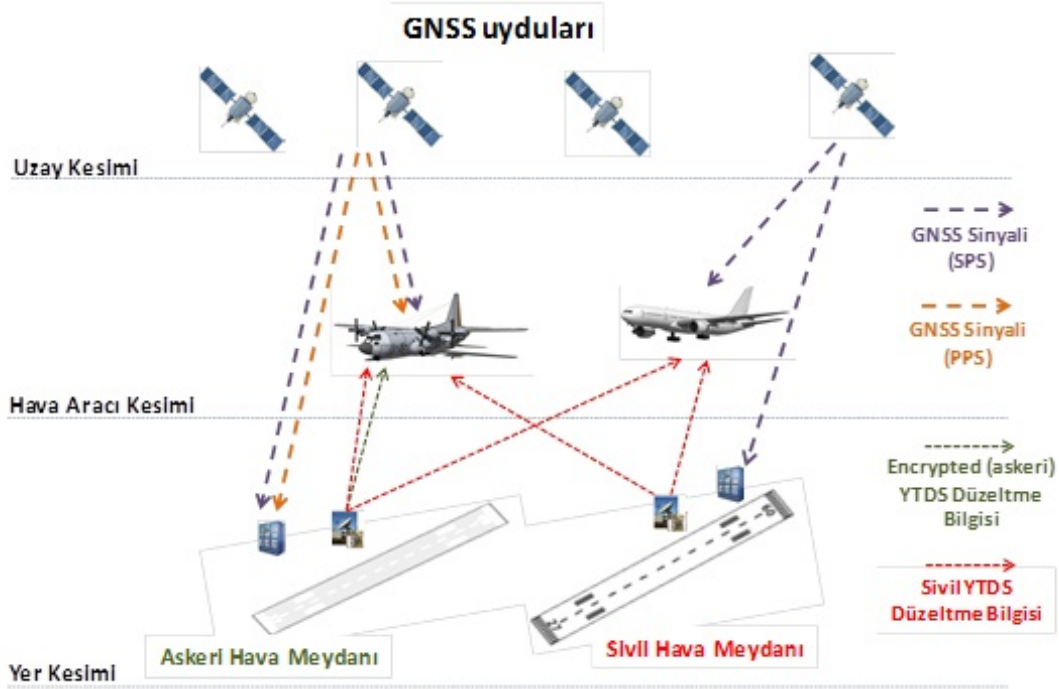
6.4. Çevresel Faktörler: UTDS ve YTDS gibi GNSS tabanlı sistemlerin kullanımı esnasında dikkat edilmesi gereken en önemli çevresel etki, GNSS sinyallerinin binalar, vadiler vb fiziksel yapılar nedeniyle engellenebilmesi veya bu yapılar üzerinden yansyarak (multipath) sinyal alıcı birimlere ulaşmasıdır. Bu engellenmenin önüne geçmek amacıyla, istasyon ve anten yerleşimlerinin dikkatli yapılmasının yanında alıcı birimlerde çoklu frekans ve gelişmiş yazılım algoritma çözümlerinin kullanılması ile hata miktarlarının en aza indirilmesi yönünde tüm dünyada çalışmalar devam etmektedir.

7. ASKERİ VE SİVİL YAKLAŞMA İNİŞ SİSTEMLERİNİN BİRLİKTE ÇALIŞABİLİRLİĞİ

YTDS sistemleri günümüzde sivil havacılıkta CAT-I seviyesi hassas yaklaşma ve iniş desteği sağlamaktadır. Askeri ve sivil ortak amaçlarla ve kullanılmakta olan havaalanlarında kurulması planlanan YTDS sistemlerinin hem askeri hem de sivil kullanıcılara hizmet verecek şekilde geliştirilmesi önem arz etmektedir. Birlikte çalışabilirlik konsepti

sisteme ilave maliyet ve karmaşıklık getirecek olmasına rağmen yer kesimi ve hava aracı kesimlerinde askeri ve sivil kullanım kabiliyeti sayesinde, üst seviyede verimlilik ve harekât kabiliyeti kazandıracaktır.

Askeri ve sivil çoklu kullanım çerçevesinde, hava araçlarında yer alacak aviyonik birimlerin, askeri platformlar için sivil ve askeri kullanıma, sivil platformlar için ise sivil kullanıma yönelik sinyal yapısını desteklemesi mümkün olmalıdır. Askeri platformlar sivil kullanıma yönelik olan SPS (Standard Positioning Service), askeri kullanıma yönelik olarak ise PPS (Precise Positioning Service) GNSS sinyallerini ve bunlara ilişkin düzeltme bilgilerini, sivil platformlar ise SPS ve SPS'e yönelik düzeltme bilgilerini kullanabilmelidir [10]. Sivil hava meydanlarındaki YTDS altyapısının sivil kullanıcılara yönelik operasyonları, askeri hava meydanlarındaki YTDS altyapısının ise hem askeri, hem de sivil operasyonları desteklemesi gerekmektedir. Buna ilişkin detaylı açıklama aşağıda gösterilmektedir. (Şekil 12)



Şekil 12. YTDS askeri ve sivil birlikte [10].

8. SONUÇLAR

Havacılık sektöründeki gelişmeler sonucunda yaşanan hava trafiğindeki büyüme, operasyonel ihtiyaçların artması ve seyrüsefer altyapılarına yönelik yüksek idame maliyetleri nedeniyle günümüzde yaygın olarak kullanılan ILS, MLS, PAR, VOR, DME, TACAN, vb. sistemlerin yerlerini operasyonel verimlilik arz eden maliyet etkin çözümlere bırakacağı öngörülmektedir.

GNSS ve uydu tabanlı sistemler bu geçiş sürecine yönelik anahtar kritik teknoloji alanları olarak ortaya çıkmaktadır. UTDS ve YTDS sistemlerinin mevcut yaklaşma, iniş ve seyrüsefer destek sistemlerinin yerine birincil sistem olarak yer alması uzun bir süreci kapsamakla birlikte, orta vadede yedek sistem olarak, uzun vadede ise çoklu uydu kümesi ve çoklu frekans kullanımı sonucunda yüksek performans ihtiyaçlarının

sağlanmasıyla birlikte birincil sistem olarak kullanılabilirliği değerlendirilmektedir.

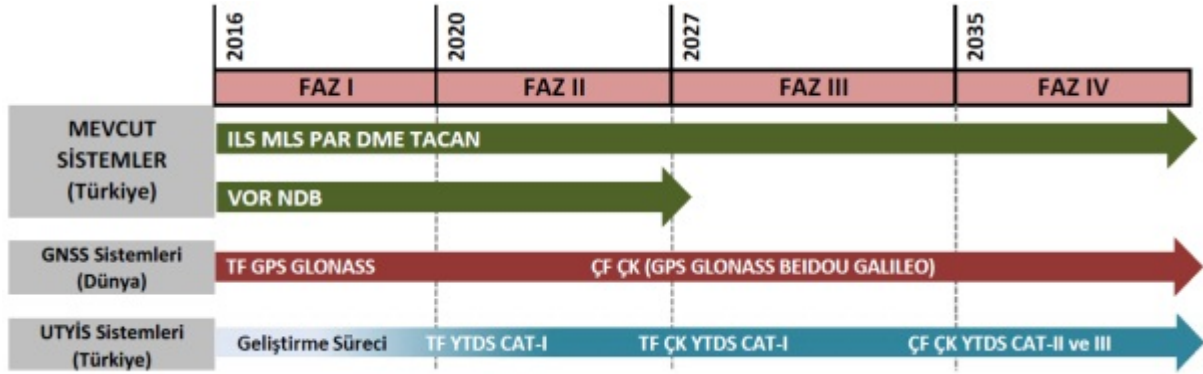
Dünya’da UTDS ve YTDS sistemlerine yönelik yaşanan gelişmeler, gelinen nokta ve geçiş süreci göz önünde bulundurulduğunda, ülkemizin hem kullanıcı hem de üretici tarafında potansiyel paydaş konumunda olduğu ve gerçekleştirilecek orta ve uzun vadeli planlamalar ile fırsatların değerlendirilebileceği öngörülmektedir. Dünya’da mevcut sistemler ve UTYS sistemleri operasyonel kullanım planına yönelik taslak yol haritası aşağıda gösterilmektedir (Şekil 13).

NATO mobil ve sabit yaklaşma iniş sistemlerini halen çeşitli bölgelerde kullanmakta olup UTDS ve YTDS sistemlerinin kullanımına yönelik çalışmalar devam etmektedir. NATO’nun kullandığı PAR sistemlerinin, hava trafik kontrolörlerine bağımlı sistemler olması ve sivil havacılıkta bu sistemlerin yaygın olarak kullanılmaması sebebiyle STANAG 4533 kapsamında

YTDS sistemlerinin orta ve uzun vadede bu sistemlerin yerini alacağı öngörülmektedir [11].

Seyrüsefer hizmetlerinde ise sivil amaçlı geliştirilen sistemlerden faydalanılmaya devam edileceği öngörülmektedir. Bu süreçte çoklu frekans ve çoklu uydu kümelerinin yaygınlaşması sonucunda UTDS ve YTDS sistemlerinin kullanımının artması mümkün olacaktır.

NATO’nun yaklaşma iniş yol haritasında, bir süre daha standart olarak PAR ve ILS sistemlerinin kullanılması ve bu süreçte uydu tabanlı yaklaşma iniş sistemlerinin yaklaşma kategorileri 2 ve 3’e uygun olarak sivil ve askeri sertifikasyon süreçlerinin tamamlanması hedeflenmektedir. NATO’nun orta vadede yedek sistem olarak UTDS/YTDS kullanımını artırması, uzun vadede ise çoklu frekans çoklu uydu kümesi konumlama sistemlerinin yaygınlaşması sonucunda UTDS ve YTDS sistemlerini birincil sistem olarak kullanabileceği değerlendirilmektedir.



Şekil 13- Mevcut sistemler ve UTYS’e yönelik taslak yol haritası.

9. KAYNAKLAR

[1] ATAŞ, S. Savunma Sanayii Müsteşarlığı, Uzmanlık Tezi, SSM, 2012

[2] Ataş, S. Çiftçi, M.E., (2014), “Geleceğin Yaklaşma İniş Sistemleri”, SSM/ODTÜ Savunma Teknolojileri Konferansı, SAVTEK 2014

[3] Sabatini, R., Palmerini, G. B., (2008) “Differential Global Positioning System (DGPS) for Flight Testing” NATO RTO AG-160, Vol. 21, SCI-135.

[4] “A study of safety design and its validation for CAT-III GBAS (GAST-D)” (2014), Electronic Navigation Research Institute, <http://www.enri.go.jp/eng/research/kenkyu/M-11-03.htm>

[5] Murphy, T., Imrich, T., (2008) “Implementation and Operational Use of Ground-Based Augmentation Systems (GBASs)-A Component of the Future Air Traffic Management System” Proceedings of the IEEE, Vol. 96, No.12, 1936-1958.

[6] Raines, P., (2010) “A New Era in Precision Navigation”, International Conference on Active Noise Abatement.

[7] “ICAO International Standards and Recommended Practices, Operation of Aircraft” (2008), Annex 6, Part II, 7th Edition.

[8] “Solar Cycle Prediction” (2014), NASA Marshall Space Flight Center, <http://solarscience.msfc.nasa.gov/predict.shtml>

[9] Seo, J., Kim, M., J., (2013) “eLoran in Korea - Current Status and Future Plans” European Navigation Conference 2013.

[10] “Approach and Landing System Joint Working Group Report on NATO GNSS PALS Standard” (2011), NATO Aerospace Capability Group 5, V2.0.

[11] “NATO Precision Approach and Landing Systems (PALS) Transition Strategy” (2005), STANAG 4533, Ed.1, Ratification Draft 1.

ÖZGEÇMİŞLER

Sefer ATAŞ

2009 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İşletme Bölümü'nden mezun olduktan sonra 2009 yılında Savunma Sanayii Müsteşarlığı MEBS Daire Başkanlığı Uydu, Radar ve İstihbarat Proje Grubu'nda çalışmaya başladı. 2011 yılından itibaren Elektronik Harp ve Radar Sistemleri Daire Başkanlığında Savunma Sanayii Uzmanı olarak çalışmaktadır. Savunma Sanayii Uzmanlık tezi Uydu Tabanlı Yaklaşma İniş Sistemlerinin milli olarak geliştirilmesi konusunda olup halen Deniz Gözetleme Radarları, Hava Savunma Radarları ve Yaklaşma İniş Sistemlerinin Proje Yönetimi'nde görev almaktadır.

Yzb. Osman KOÇ

2002 yılında Hava Harp Okulu Havacılık Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2002-2004 yılları arasında İzmir'de 2. Ana Jet Üs K.lığı'nda Uçuş eğitimini müteakip, 2004-2008 yılları arasında 12. Hava Ulaş. Ana Üs K.lığı'nda seyrüseer subayı olarak görev yaptı. 2008 yılında başladığı Naval Postgraduate School (Monterey, A.B.D) Kontrat Yönetimi Yüksek Lisans Programını 2010 yılında tamamlamıştır. Halen Hv.K.K.lığı Plan Prensipler Başkanlığı'nda çeşitli radar, uçak ve yaklaşma iniş sistemlerinin proje yönetiminde görev almaktadır.

M. Emre ÇİFTÇİBAŞI

2000 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden Lisans (Anadal), İşletme Bölümünden Lisans (Yandal) mezundur. 2001 yılında Oregon State University (Corvallis, A.B.D)'de başlayan yüksek lisans çalışmalarını 2006 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği'nde tamamladı. 2002-2006 yılları arasında Aselsan Mikrodalga Sistem Teknolojileri Grup Başkanlığı Elektrik Donanım Müdürlüğü'nde Uzman Mühendis olarak radar ve elektronik harp sistemleri tasarım ve testlerinde görev aldı. Askerlik görevi sonrasında 2007 yılından bugüne kara, deniz ve hava platformlarının donanım, haberleşme ve komuta kontrol sistemlerinde tasarımcı ve danışman olarak çeşitli görevler aldığı STM A.Ş'de; halen, Savunma Sanayii Müsteşarlığı Elektrik Harp ve Radar Sistemleri Daire Başkanlığı Radar Sistem Projeleri Grubu'nda Kıdemli Danışman olarak çalışmaktadır.

Mustafa KILINÇ

1979 yılında Ankara Devlet Mühendislik Mimarlık Akademisi (şu anki adı Gazi Üniversitesi) Elektrik Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 1971-1996 arasında çalıştığı Hv.K.K.lığı Uçak Bakım K.lığı'ndan F-104 Atış Kontrol Sistemleri (Radar Teknisyeni) görevinden 1996 yılında Astsb. Kd. Bçvş. Olarak emekli oldu. 1998'den bugüne STM A.Ş'de çeşitli projelerde SSM adına görev yapmakta olup, halen Uzman Danışman olarak Uzay ve İnsansız Sistemler

Daire Başkanlığı İHA Projeleri Grubunda çalışmaktadır.

Deniz ALTIN

2002 yılında Elektrik ve Elektronik Mühendisliği'nden lisans, 2005 yılında uzaktan algılama ve uydu sistemleri alanında yüksek lisans diplomasını aldı. 2002-2005 yılları arasında İstanbul Teknik Üniversitesi'nde araştırma görevlisi olarak çalıştı. 2005 yılında STM A.Ş. firmasında göreve başlamış olup, 9 yıl boyunca sırasıyla, Danışman, Kıdemli Sistem Mühendisi, Teknik Ekip Lideri ve son olarak da Proje Yöneticisi olarak görev aldı. Halen, uydu tabanlı yaklaşma ve iniş sistemlerine yönelik gereksinimlerin ve ihtiyaçların tanımlanması konusundaki UTYS projesinde Proje Yöneticisi olarak görevini yürütmektedir. Aynı zamanda, işletme yönetimi konusunda doktora çalışmalarına devam etmekte ve NATO Okulu Eğitmeni görevini yürütmektedir. Ayrıca, Taktik Data Link, Ağ Merkezli Harekat Konsepti ve İstihbarat alanlarında 15 yıllık tecrübesi bulunmaktadır.

Başak Gonca ÖZDEMİR

2007 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden mezun olduktan sonra, aynı yıl içerisinde TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü'nde araştırmacı olarak göreve başladı. TÜBİTAK UZAY Enstitüsü'nde yürütülen RASAT ve GÖKTÜRK-2 projelerinde güç alt sistemi, test ve entegrasyon iş paketleri sorumlusu olarak görev almıştır. 2012 yılında Uydu sistemleri için Gelecek Nesil Güç Dağıtım Birimleri ve GÖKTÜRK 3 projelerinde uzman araştırmacı ve proje yöneticisi olarak görev yaptı. Yine aynı yıl, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde "Uzay Uygulamalarında Kullanılan Bir Açılma Mekanizması Sürücüsünün Güç Aşamasının Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi" başlıklı tezini tamamlayarak yüksek lisans diplomasını aldı. 2013 yılından bu yana STM A.Ş. Danışmanlık Müdürlüğü bünyesinde uzman danışman olarak görev yapmaktadır.

Alper YEŞİLYURT

2008 yılında Bilkent Üniversitesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden lisans, 2011 yılında ise aynı bölümden "Silisyum Germanyum Çoklu Kuantum Kuyuları İçeren Yüksek Verimli Optoelektronik Aygıtlar" başlıklı tez çalışması ile yüksek lisans diplomasını aldı. Yüksek lisans çalışmaları kapsamında Bilkent Üniversitesi Ulusal Nanoteknoloji Araştırma Merkezi'nde silisyum germanyum optoelektronik algılayıcılar ve fotovoltaiik aygıtlar üzerine TÜBİTAK projelerinde görev aldı. 2012 yılında STM A.Ş'de uzman danışman olarak göreve başlamış olup, bu kapsamda Savunma Sanayii Müsteşarlığı ile gerçekleştirilen Uydu Uzay Alt Birim ve Teknolojileri Fizibilite Projesi'nde görev aldı.