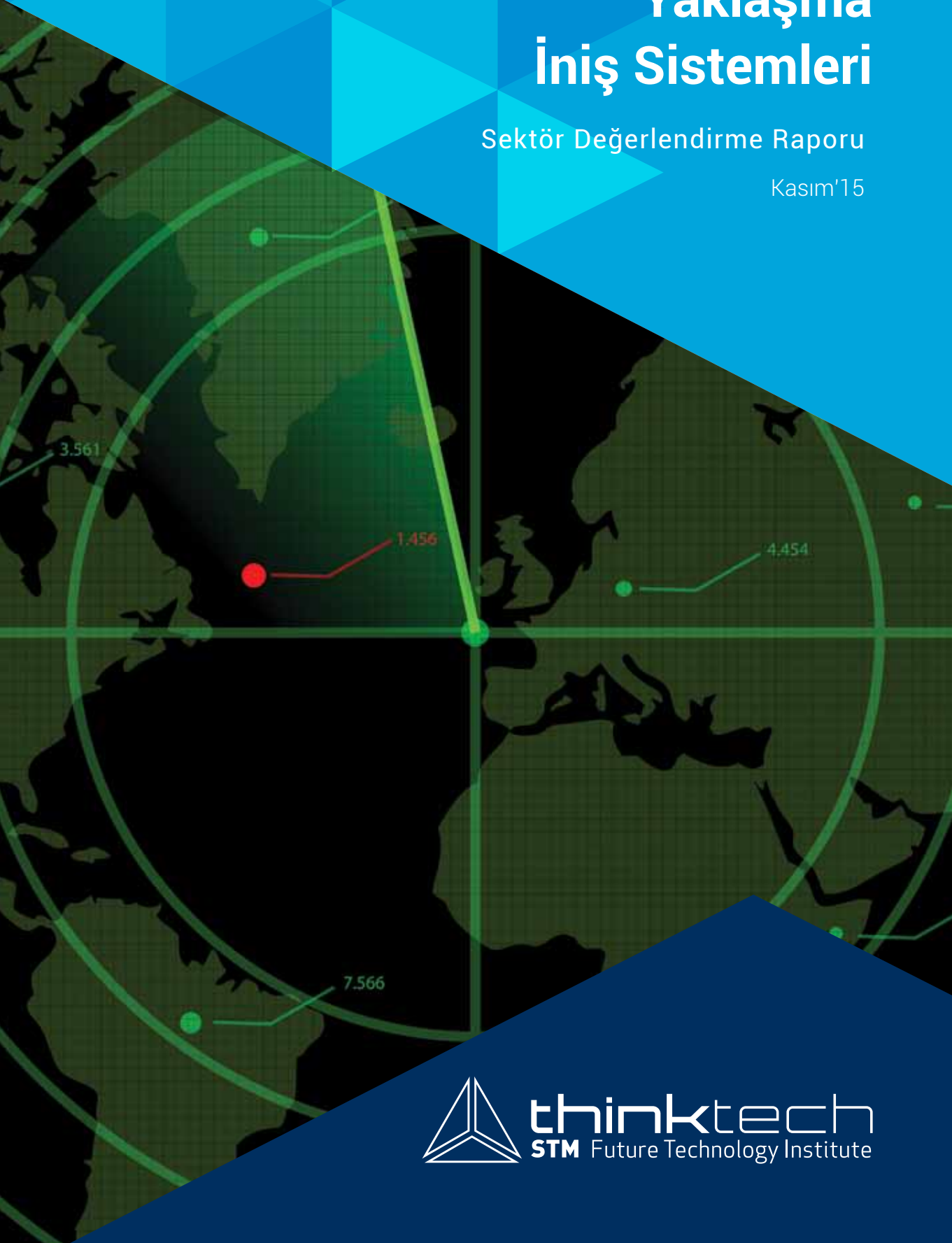


# Uydu Tabanlı Yaklaşma İniş Sistemleri

Sektör Değerlendirme Raporu

Kasım'15



**thinktech**  
STM Future Technology Institute





**thinktech**  
**STM** Future Technology Institute

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	4
GİRİŞ .....	5
1. MEVCUT DURUM ANALİZİ .....	8
1.1. ULUSLARARASI GELİŞTİRME FAALİYETLERİ ...	9
1.2. ULUSLARARASI ÇALIŞMA GRUPLARI .....	13
1.3. BİRLİKTE ÇALIŞABİLİRLİK KONSEPTİ .....	14
2. TEKNOLOJİ EĞİLİMLERİ .....	16
3. PAZAR ANALİZLERİ .....	18





4. GELECEĞE YÖNELİK PROJESİYON .....	20
5. SONUÇ VE DEĐERLENDİRMELEER .....	22
KAYNAKÇA.....	24

## ÖNSÖZ

### **Havacılık sektöründe yaşanan gelişmelerin sonucunda artan hava trafiğine hizmet verebilecek altyapılara ve seyrüsefer destek sistemlerine yönelik yatırımların gerçekleştirilmesi önem kazanmıştır.**

Günümüzde havacılık sektörü ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişiminde önemli rol oynamaktadır. Dünyada hava ulaşım ağlarının sayısı her geçen gün artmakta ve bunun sonucu olarak havacılık sektörü devamlı olarak büyümektedir. Havacılık sektöründe yaşanan gelişmelere paralel olarak 1970'li yıllardan başlayarak hava trafiğinde her 15 yılda iki kat büyüme yaşandığı görülmektedir. Havacılık sektöründe yaşanan gelişmelerin sonucunda artan hava trafiğine hizmet verebilecek altyapılara ve seyrüsefer destek sistemlerine yönelik yatırımların gerçekleştirilmesi önem kazanmıştır.

Günümüzde havacılıkta yaygın olarak kullanılan Aletli İniş Sistemi (ILS), VHF Çok Yönlü Radyo Seyrüsefer Cihazı (VOR), Hassas Yaklaşma Radarı (PAR) ve Taktiksel Hava Seyrüsefer Sistemi (TACAN) gibi seyrüsefer destek ve yaklaşma iniş sistemleri, hava araçlarının operasyonel kabiliyetlerini ifâ etmelerini sağlamaktadır. Belirtilen sistemlere ilişkin kurulum, bakım ve idame maliyetlerinin özellikle sınırlı trafik kapasitesine sahip hava meydanları tarafından karşılanmasında zorluklar yaşanabilmektedir. Ayrıca, coğrafi kısıtlara sahip hava meydanlarında, günümüzde yaygın olarak kullanılan Aletli İniş Sistemi (ILS) sistemi kurulum sınırlamaları bulunabilmektedir.

Havacılık sektöründe yaşanan teknolojik gelişmeler doğrultusunda, uydu tabanlı seyrüsefer ve düzeltme sistemlerinin (Uydu Tabanlı Destek Sistemi-Satellite Based Augmentation System-SBAS ve Yer Tabanlı Destek Sistemi-Ground Based Augmentation System-GBAS) birçok operasyonel avantaj sağlayarak geleneksel seyrüsefer destek cihazlarının yerini alabileceği ve kritik teknoloji alanları olarak yaygınlaşacağı değerlendirilmektedir. SBAS ve GBAS sistemlerine yönelik genel bakış, mevcut durum analizi, kritik teknoloji değerlendirmesi, pazar analizi ve geleceğe yönelik projeksiyon rapor kapsamı içerisinde sunulmaktadır.

Raporda yer alan bilgi ve değerlendirmelerin, kamuoyu ve konuya ilgi duyan kurum ve kuruluşlar için yararlı olmasını diliyorum.

Davut YILMAZ

Genel Müdür

## GİRİŞ

**SBAS ve GBAS sistemleri, havacılıkta ihtiyaç duyulan yüksek performanslı seyrüsefer isterlerini karşılayan anahtar teknoloji alanları olarak ortaya çıkmaktadır.**

Küresel uydu tabanlı seyrüsefer sistemleri (GNSS), en-route, terminal sahası gibi daha esnek performans sınırlarına sahip olan uçuş fazlarında kullanılmakta ve havacılık performans gereksinimlerinin karşılanması için yeterli olabilmektedir.

Bunun yanında, özellikle son yaklaşma safhası (final approach segment) gibi daha dar performans limitlerine sahip uçuş fazlarında GNSS sistemlerinin tek başına kullanımı performans gereksinimlerinin karşılanması doğrultusunda yeterli olmamaktadır. Bu noktada SBAS ve GBAS sistemleri, havacılıkta ihtiyaç duyulan yüksek performanslı seyrüsefer isterlerini karşılayan anahtar teknoloji alanları olarak ortaya çıkmaktadır.

Her iki çözümde de tek başına GNSS sistemi kullanılarak hesaplanan ham konum bilgileri referans istasyonlardan alınan düzeltme bilgileri ile "iyileştirilmektedir".

## Uydu Tabanlı Destek Sistemi

SBAS, GNSS hata kaynaklarına yönelik olarak diferansiyel düzeltme bilgilerinin oluşturularak bu bilgilerin aktarıcı görevi yürüten yer sabit (GEO) yörüngedeki uydular aracılığıyla kapsama alanı içerisindeki hava araçlarına ulaştırılmasını sağlayan seyrüsefer destek sistemidir. SBAS, tüm uçuş aşamalarında (departure, en-route, yaklaşma ve iniş) kullanıcılara seyrüsefer desteği sunmaktadır. Son yaklaşma ve iniş aşamalarında APV-I ve APV-II seviyesinde ("CAT-I benzeri") yaklaşma ve iniş prosedürlerini mümkün kılmaktadır. SBAS sisteminin sağladığı operasyonel avantajlar aşağıda gösterilmektedir.

**Geniş Kapsama Alanı:** SBAS sistemlerinde düzeltme bilgisinin uydular aracılığıyla yayınlanması nedeniyle kapsama alanı mevcut seyrüsefer destek cihazlarının kapsama alanına göre çok daha geniştir.

**Düşük Bakım ve İdame Maliyetleri:** Hava meydanlarında SBAS sistemine yönelik yer kesimi kurulum ihtiyacı bulunmamaktadır. Bu nedenle bakım ve idame maliyetleri daha düşüktür.

**Tüm Uçuş Fazlarında Kullanım:** En-route uçuştan yaklaşma ve iniş aşaması da dâhil olmak üzere tüm uçuş fazlarında kullanım imkânı bulunmaktadır.

**Esnek Yaklaşma ve İniş Rotaları:** Direkt yaklaşma (straight-in approaches) haricinde esnek (flexible) ve doğrusal olmayan (curved) yaklaşımları da mümkün kılmaktadır.

**Verimlilik ve Maliyet Etkinlik:** Saha Seyrüseferi (RNAV) ve Performansa Dayalı Seyrüsefer (PBN) konsepti dâhilinde uçuş kapasitesi ve verimin artırılması, çevresel etkilerin en aza indirilmesi kapsamında en maliyet etkin çözümü sunmaktadır.

**Çevresel Şartlardan Bağımsız Çalışma:** SBAS sistemleri ile mevcut yaklaşma ve iniş prosedürlerinde yer alan çevresel kısıtlamalara (ör. sıcaklık kısıtlamaları, olumsuz hava koşulları, kar vb.) bağlı gereksinimler ortadan kaldırılmaktadır.

**Geniş Kullanım Alanı:** SBAS sistemleri havacılık dışında birçok alanda (denizcilik, inşaat, kara ve demiryolu taşımacılığı, askeri uygulamalar vb.) kullanım imkânı bulmaktadır.





## Yer Tabanlı Destek Sistemi

GBAS sistemi, GNSS hata kaynaklarına ilişkin yerel olarak oluşturulan yüksek hassasiyetteki düzeltme bilgileri ile bütünlük bilgilerini ve hava araçlarına ait yaklaşma rotası tanımlarını yer kesiminde bulunan radyo veri linki ile kapsama alanı (yaklaşık 40 km-23 NM) içerisindeki kullanıcılara ulaştırılmasını sağlamaktadır. GBAS, son yaklaşma ve iniş aşamalarında GNSS performans parametrelerinde iyileştirme sağlayarak günümüzde CAT-I seviyesi hassas yaklaşma ve iniş prosedürlerini mümkün kılmaktadır. GBAS sisteminin sağladığı operasyonel avantajlar aşağıda gösterilmektedir.

**Tüm Pistlere Hizmet:** Çok sayıda piste ve tüm yönlerine aynı anda hizmet verilebilmektedir.

**Tüm Hava Araçlarına Hizmet:** Birden fazla sayıda uçağa aynı anda hassas yaklaşma ve iniş desteği verilebilmektedir.

**Birden Fazla Hava Meydanına Hizmet:** Kapsama alanı dâhilindeki birden fazla hava meydanına hizmet verilebilmektedir.

**Düşük Kurulum Maliyeti:** İnşaat gereksinimlerinin az olması nedeniyle kurulum maliyeti düşüktür.

**Düşük Bakım ve İdame Maliyeti:** Sistem birim sayısının az olması nedeniyle bakım ve idame gereksinimleri ve maliyetleri mevcut sistemlere göre daha düşüktür.

**Pilotlar İçin Düşük Eğitim Maliyeti:** Pilot arayüzü ILS sistemi ile çok benzer olmasından dolayı GBAS kullanımına yönelik kapsamlı aviyonik eğitimi gerekmemektedir.

**Çevresel Kısıtlardan Etkilenmemesi:** Çevresel şartlar nedeniyle ILS kurulumunun mümkün olmadığı yerlerde kullanım imkânı bulunmaktadır.

**Esnek Teker Koyma Noktası:** Piste teker koyma noktası değiştirilebilmektedir.

**Esnek Yaklaşma ve İniş Rotaları:** Direkt yaklaşma (straight-in approaches) haricinde esnek (flexible) ve doğrusal olmayan (curved) yaklaşımları da mümkün kılmaktadır.



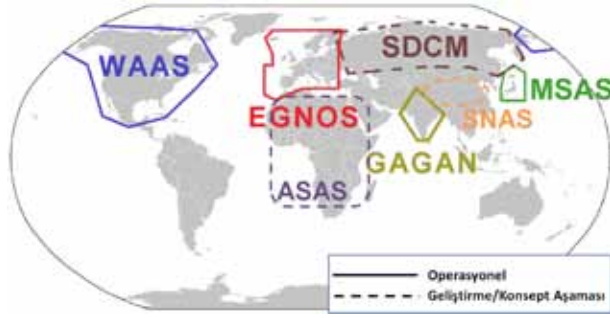


# MEVCUT DURUM ANALİZİ

# 1. Mevcut Durum Analizi

## 1.1. Uluslararası Geliştirme Faaliyetleri

**Uydu Tabanlı Destek Sistemi (SBAS):** Günümüzde sivil havacılıkta kullanılmakta olan Wide Area Augmentation System (WAAS-ABD), European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS-AB), Multi-functional Satellite Augmentation System (MSAS-Japonya), GPS-aided Geo-augmented Navigation (GAGAN-Hindistan) ve geliştirilme aşamasında olan System for Differential Corrections and Monitoring (SDCM-Rusya), Satellite Navigation Augmentation System (SNAS-Çin) ve African Satellite Augmentation System (ASAS-Afrika) bulunmaktadır. Kapsama alanları ve operasyonel sistemlere yönelik bilgiler aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 1: SBAS Sistemleri ve Kapsama Alanları

### WAAS (ABD)

**1994:** FAA ve ABD Ulaştırma Bakanlığı tarafından Raytheon ana yükleniciliğinde WAAS projesi başlatılmıştır.

**2003:** WAAS sistemi FAA tarafından onaylanmış ve APV yaklaşımları için kullanılmaya başlanmıştır.

**2007:** WAAS kapsama alanı Kanada ve Meksika'nın büyük bir bölümünü kapsayacak şekilde genişletilmiştir.

**2008:** WAAS sistemi LPV-200 yaklaşması için onaylanmış ve kullanılmaya başlanmıştır.

**2010:** FAA NextGen Implementation Plan kapsamında her yıl 300 yeni LPV yaklaşması tanımlanması ve WAAS kullanımının yaygınlaştırılması planlanmıştır.

**2011:** ABD'ye ait 1254 hava meydanında yayınlanmış LPV prosedürü sayısı 2442'ye ulaşmıştır.

**2012:** ABD'de yayınlanmış LPV prosedürü sayısı 3000'e ulaşmıştır.

**2013:** WAAS LPV yaklaşması kullanılan pist sayısı ILS hizmeti verilen pist sayısının yaklaşık iki katına ulaşmıştır. Kuzey Amerika'da WAAS LPV uyumlu aviyoniklerin sayısı 90.000'e ulaşmıştır.

**2015:** Çoklu frekans (L1, L5) kullanımına geçiş çalışmaları devam etmektedir. Çoklu frekans desteği ile birlikte WAAS'ın havacılık uygulamalarına yönelik kullanımının artması beklenmektedir.

## EGNOS (AB)

**1995:** Sistem tanımlama fazı European Space Agency (ESA) tarafından başlatılmıştır.

**1999:** Sistem geliştirme fazı başlamıştır.

**2005:** EGNOS sisteminin ilk operasyon fazı (IOC) başlamıştır.

**2006:** METIS projesi kapsamında EGNOS kapsama alanının genişletilmesine yönelik ülkemizde de dahil olmak üzere çeşitli test uçuşları gerçekleştirilmiştir.

**2009:** IEGNOS Avrupa Komisyonu'na (EC) devredilmiştir. EGNOS havacılık uygulamaları haricinde kullanıcılara hizmet veren Open Service hizmet vermeye başlamıştır yapılan sözleşme ile işletim hizmetleri ESSP tarafından üstlenilmiştir.

**2010:** SHERPA projesi kapsamında EGNOS'un Doğu Avrupa'da kullanımı ve kapsama alanının genişletilmesine yönelik olarak ülkemizin de destek sağladığı çalışma başlatılmıştır.

**2011:** EGNOS sisteminde havacılıkta kullanılan Safety of Life servisi sertifikaya edilerek havacılık sektörüne hizmet vermeye başlamıştır.

**2012:** Yayınlanan EGNOS APV prosedürü sayısı 150'ye ulaşmıştır. Bu sayının 2016 yılında 450'ye ulaşması öngörülmektedir.

**2013:** EGNOS'un çoklu uydu kümesi (GPS+GALILEO) desteği sağlaması amacıyla oluşturulan geliştirme program planı bütçesi onaylanmıştır.

**2014:** EGNOS'un işletim hakları Avrupa Komisyonu'ndan (EC) Avrupa GNSS Ajansı (GSA)'na aktarılmıştır.

**2015:** Yaklaşma ve iniş operasyonlarına yönelik LPV-200 prosedürlerinin kullanıma geçmesi ve yaygınlaşması planlanmaktadır.

## MSAS (Japonya)

**1996:** Japonya GNSS sistemi uydusu MTSAT ile entegre olacak olan MSAS sisteminin üretim süreci başlamıştır.

**2005:** Test amaçlı olarak ilk MSAS yayınları başlamıştır.

**2007:** İlk testleri başarıyla geçerek havacılık alanında en-route ve hassas olmayan yaklaşma tipleri için operasyonel olarak kullanılmaya başlanmıştır.

**2013:** MSAS kullanımına yönelik olarak 40 RNAV ve RNP-AR prosedürü oluşturulmuş ve kullanıma geçmiştir.

**2015:** Çoklu frekans ve çoklu uydu kümesi kullanımı ve MSAS kapsama alanı genişletilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir.

## GAGAN (Hindistan)

**2007:** Hindistan Sivil Havacılık Bakanlığı tarafından başlatılan, Indian Space Research Organization (ISRO) ve Airports Authority of India (AAI) tarafından yürütülen GAGAN projesinin teknoloji gösterim fazı tamamlanmıştır.

**2010:** Sistem ön kabul testi fazı tamamlanmıştır.

**2013:** Hindistan Directorate General of Civil Aviation (DGCA) tarafından en-route uçuş ve hassas olmayan yaklaşma operasyonları için sertifikaya edilmiştir.

**2015:** APV-1, APV-1.5 yaklaşma desteği, çoklu frekans ve çoklu uydu kümesi desteği uyumluluğuna yönelik çalışmalar devam etmektedir.

**Yer Tabanlı Destek Sistemi (GBAS):** GBAS sistem kurulumu gerçekleştirilen hava meydanları ve ürün, sistem/alt sistem, süreç desteği ve araştırma geliştirme konusunda çalışan başlıca ülke ve firmalara ilişkin bilgiler aşağıda gösterilmektedir:



Şekil 2: Dünyada GBAS Sistemleri

## ABD (Honeywell)

**1990:** 1990'ların başında Honeywell ve Raytheon gibi pek çok firma prototip geliştirme çalışmalarına başlamıştır.

**1998:** Memphis'teki FedEx tesislerinde geliştirilen ve test edilen prototip sistem sonuçları doğrultusunda GBAS geliştirme programı FAA tarafından başlatılmıştır.

**2004:** GBAS programında yaşanan bütçe kesintileri nedeniyle Honeywell, FedEx gibi firmalar bireysel çalışmalarını sürdürmüştür.

**2007:** Sydney havaalanında Honeywell GBAS prototipi kurulmuş ve CAT-I operasyonları için başarı ile test edilmiştir.

**2008:** Memphis, Newark, Bremen ve Malaga havaalanlarında kurulum ve testlere başlanmıştır.

**2009:** Eylül ayında Honeywell Smarthpath GBAS sistemi FAA tarafından sertifikaya edilmiştir.

**2012:** Newark ve Bremen havaalanlarındaki GBAS sistemleri FAA tarafından onaylanmıştır.

**2013:** Houston Havaalanı'ndaki GBAS sistemi FAA tarafından onaylanmıştır.

**2014:** Malaga ve Sydney Havaalanı'nda GBAS sistemi onaylanarak operasyonel olarak kullanıma başlamıştır.

**2015:** CAT-II ve CAT-III destekli GBAS sistemi geliştirme çalışmaları devam etmektedir.



## Fransa (Thales)

- 1994:** Yerel alan DGPS çalışmaları için Toulouse'da ilk deneysel istasyon kurulumu gerçekleştirilmiştir.
- 1995:** Thales firması tarafından RTCA DO-127 (SCAT-I) ile uyumlu GBAS istasyon kurulumu gerçekleştirilmiştir.
- 2000:** ICAO GBAS SARPs ile uyumlu yer istasyonu geliştirme programı başlamıştır.
- 2003:** CAT-I seviyesi sistem sertifikasyonunun gerçekleştirilebilmesi için güncel ICAO standartları ile uyumlu sistem yenileme programı başlamıştır.
- 2006:** Airbus ile kullanılan GBAS sisteminin ICAO CAT-I seviyesi standartları karşıladığı değerlendirilmiştir.
- 2008:** Toulouse'da kurulu Thales GBAS CAT-I istasyonu Nisan ayında onaylanmıştır.
- 2009:** Almanya Braunschweig'de Thales tarafından test istasyonu kurulmuştur.
- 2012:** CAT-II ve III yer istasyonu prototipi Toulouse Blagnac Havaalanı'na kurulumu gerçekleştirilmiştir.
- 2015:** CAT-II ve III seviyesi GBAS operasyonlarına yönelik çalışmalar devam etmektedir.

## Japonya (NEC/ENRI)

- 1996:** Japonya Sivil Havacılık Bürosu, NEC ve ENRI gibi kurum ve firmalar tarafından ilk GBAS çalışmaları başlatılmıştır.
- 2002:** Sendai havaalanında GBAS kullanılarak çeşitli uçuş testleri gerçekleştirilmiştir.
- 2005:** Japonya'nın konumu nedeniyle ortaya çıkan özel iyonosferik koşullara yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiştir.
- 2010:** CAT-I GBAS istasyon prototipi iyonosferik koşullara uyumlu hale getirilerek Kansai havaalanında test edilmeye başlanmıştır.
- 2011:** CAT-III seviyesi GBAS gereksinimlerini doğrulayabilmek amacıyla, prototip yer sistemi kurulumunu da içeren bir proje başlatılmıştır.
- 2013:** Projeye ait prototipin kurulumu gerçekleştirilmiştir.
- 2014:** Ishigaki Havaalanı'na CAT-II ve III GBAS prototipi, Sendai havaalanına GBAS araştırma/test sistemi, Kansai Havaalanı'na CAT-I GBAS prototipi kurulum çalışmaları gerçekleştirilmiştir.
- 2015:** CAT-II ve III seviyesi GBAS operasyonlarına yönelik çalışmalar devam etmektedir.

## Norveç (INDRA)

**1997:** Indra Navia firması tarafından geliştirilmiş olan SCAT-I GBAS sistemi için kavramsal kanıtlanma çalışması tamamlanmıştır.

**2001:** NORMARC 8005 GBAS SCAT-I sistemi prototipi için ilk uçuş testleri başarıyla gerçekleştirilmiştir.

**2005:** NORMARC 8005 GBAS SCAT-I yer kesimi sertifikaya edilmiştir.

**2007:** NORMARC GBAS sisteminin SCAT-I yaklaşması için gerekli otoritelerin onayları tamamlanmış ve operasyonel olarak kullanılmaya başlanmıştır.

**2011:** 2011 yılı itibariyle 24 GBAS yer istasyonu operasyonel olarak kullanılmaya başlamıştır.

**2013:** NORMARC 8100 GBAS Sistemi için CAT-III yaklaşma testleri gerçekleştirilmiştir. Frankfurt Havaalanı'nda prototip sistem kurulumu gerçekleştirilmiştir.

**2015:** CAT-II ve III seviyesi GBAS operasyonlarına yönelik çalışmalar devam etmektedir.

## Rusya (NPPF)

**1990-2000:** NPPF Spectr firması tarafından LCCS-A-2000 CAT-I GBAS sistemi için çalışmalar başlamıştır.

**2002:** GBAS kurulumu gerçekleştirilen hava meydanları için yaklaşma prosedürleri oluşturulmaya başlanmıştır.

**2010:** NPPF ve EUROCONTROL LCCS-A-2000 GBAS ve Rockwell Collins MMR ürünü kullanılarak çoklu uydu kümesi (GPS, GLONASS) kullanımına yönelik testler gerçekleştirilmiştir.

**2014:** 2014 yılı itibariyle 30'un üstünde hava meydanı için GBAS sistemi kurulumu gerçekleştirilmiş durumdadır.

## 1.2. Uluslararası Çalışma Grupları

SBAS ve GBAS geliştirme faaliyetleri konusunda uluslararası çalışma grubu toplantıları gerçekleştirilmektedir. Bu toplantılara ilişkin temel bilgiler aşağıda verilmektedir.

### SBAS Interoperability Working Group (IWG)

İlk toplantısı 1997 yılında gerçekleştirilen IWG, SBAS servis sağlayıcılarının gerçekleştirmiş oldukları çalışmalar ve ICAO SARP's gereksinimlerinin uygulanması konusunda ortak bir anlayışta buluşulmasını sağlamaktadır. Uzay ajansları, üretici firmalar, havacılık otoriteleri vb. paydaşların katılımıyla SBAS sistemlerine yönelik olarak mevcut gelişmelerin ortaya konulması ve birlikte çalışabilirliğe yönelik ortak anlayışın oluşması amacıyla toplantılar gerçekleştirilmektedir.

### International GBAS Working Group (IGWG)

FAA ve EUROCONTROL tarafından organize edilmekte olan IGWG, GBAS konusunda gerçekleştirilen ulusal ve uluslararası faaliyetler kapsamında bilgi paylaşımında bulunmak, iş birliği imkânlarını ortaya koymak ve GBAS konusundaki teknik ve operasyonel konuları tartışmak amacıyla gerçekleştirilmektedir. IGWG kapsamında iyonküre çalışmaları başta olmak üzere GBAS kurulum ve yer gözlem gereksinimleri, geleceğe yönelik operasyonel isteklerin belirlenmesi, veri toplama ve paylaşımı gibi konularda alt çalışma grupları oluşturulmaktadır.

## The Approach and Landing System Joint Working Group (ALS JWG)

ALS JWG, NATO bünyesinde Aerospace Capability Group 5 (ACG 5) altında kurulmuş olan ve GNSS tabanlı sistemlerin NATO'nun hassas yaklaşma ve iniş sistemi olarak kullanması hususunda analizler gerçekleştiren çalışma grubudur. Çalışma kapsamında genel olarak sivil askeri birlikte çalışabilirlik ve GNSS sinyallerine yönelik zafiyet konularına ağırlık verilmektedir.

Uluslararası iş birlikleri çerçevesinde ürün geliştirilmesi kapsamında yürütülen programlara ve çalışma gruplarına dâhil olunması, sistemlerin yurt içi geliştirme çalışmalarına bilgi birikimi ve maliyet açısından destek sağlanması, dünyanın önde gelen firma ve kurumları ile bir arada çalışma imkânının sağlanması açısından büyük önem arz etmektedir. Ayrıca ilgili çalışma gruplarına aktif olarak katılım sağlamak sistemlerin uzun vadedeki kullanım gereksinimlerini ve sistemler konusunda alınan uluslararası kararları takip edebilmek, çeşitli teknik ve operasyonel gereksinimlerin belirlenmesi esnasında milli ihtiyaçlar doğrultusunda söz sahibi olabilmek açısından büyük önem arz etmektedir. GBAS CAT-II ve III gereksinimlerinin belirlenmesine yönelik çalışmaların devam ettiği ve bu çalışmalar ile ilgili uluslararası koordinasyonun da yine sivil (IGWG) ve askeri (ALS JWG) çalışma grupları tarafından sağlandığı göz önünde bulundurulduğunda, özellikle yurt içi geliştirmeye veya uluslararası iş birliği ile geliştirmeye yönelik tedarik modelleri kapsamında bu tür gruplar ile beraber ve uyum içinde çalışmanın önemi ortaya çıkmaktadır.

### 1.3. Birlikte Çalışabilirlik Konsepti

Havacılık uygulamalarına yönelik olarak birlikte çalışabilirlik (BÇ), birden fazla sistemin bilgi değişimi gerçekleştirebilmesi ve bu bilgileri teknik ve operasyonel amaçlar doğrultusunda ortak olarak kullanabilmesi şeklinde tanımlanmaktadır. Dolayısıyla BÇ kapsamında ortak referans standartlar ve esasların uygulanması önem arz etmektedir. SBAS ve GBAS sistemleri uyumluluğuna yönelik birlikte çalışabilirlik (interoperability) kapsamında:

- Küresel uyumluluğun sağlanması,
- Standardizasyon süreçlerinin oturtulması,
- Kurulum ve sertifikasyon maliyetlerinin azaltılması,
- SBAS ile uçuşun tüm aşamalarında kesintisiz seyrüsefer performansının sağlanması amaçlanmaktadır.

BÇ konsepti ile herhangi bir üretici tarafından geliştirilmiş olan hava aracı aviyonik biriminin dünyanın herhangi bir noktasındaki hava meydanında kurulu olan yaklaşma ve iniş sistemleriyle uyumlu olarak çalışması sağlanmaktadır. Benzer olarak, ABD'de WAAS sistemiyle çalışan ICAO standartlarına uygun olarak geliştirilmiş bir SBAS uyumlu aviyonik alıcı biriminin aynı zamanda Avrupa'da EGNOS sistemiyle uyumlu olarak çalışması mümkün olmaktadır. Sivil ve askeri BÇ konsepti çerçevesinde ise, BÇ'nin sağlanması amacıyla askeri sistemlerin birebir aynı olması değil önemlidir. BÇ'ye verilebilecek örnekler arasında askeri bir hava unsurunun müttefik sivil hava meydanına GBAS destekli otomatik inişi gösterilebilir.

GNSS, SBAS ve GBAS sistemlerine yönelik birlikte çalışabilirliğe yönelik standartlar ve birlikte çalışabilirlik sağlama seviyeleri Tablo 1'de gösterilmektedir.



Sistem	Birlikte Çalışabilirlik Seviyesi (Interoperability Level)
GNSS Uydu Sistemleri (GPS, GLONASS, GALILEO vb.)	Devletler arası anlaşmalar
SBAS Sistemleri (WAAS, EGNOS, MSAS vb.)	ICAO Standartları SBAS BÇ Çalışma Grubu (SBAS Interoperability Working Group) NATO Çalışma Grupları (ör: ATM Working Group)
GBAS Sistemleri	ICAO Standartları GBAS BÇ Çalışma Grubu (International GBAS Working Group) NATO Çalışma Grupları (ör: ATM Working Group)
Hava Aracı Aviyonikleri (Çok Modlu Alıcı vb.)	Standardizasyon Kuruluşları (RTCA, EUROCAE vb.)

**Tablo 1: Sistem Uyumluluğuna Yönelik Birlikte Çalışabilirlik Konsepti**





# TEKNOLOJİ EĞİLİMLERİ

## 2. Teknoloji Eğilimleri

Uydu tabanlı yaklaşma iniş sistemleri geliştirilmesi doğrultusunda bilimsel, teknolojik ve uygulama alanları açısından çok sayıda AR-GE ve teknoloji geliştirme çalışmasının yürütülebileceği öngörülmektedir. Bu kapsamda gerçekleştirilebilecek olan çalışmalara ilişkin bilgiler Tablo 2'de belirtilmektedir:

Alanlar	Birlikte Çalışabilirlik Seviyesi (Interoperability Level)
Bilimsel Çalışmalar	İyonküre Modelleme Çalışmaları
	Zaman ve Yörünge Çalışmaları (Zaman Senkronizasyonu ve Hassas Yörünge Analizi)
	Navigasyon Teknolojilerinin Geliştirilmesi
Teknoloji Geliştirme	Çoklu Frekans Alıcı (GPS+GLONASS, GPS+GALILEO, GPS L1 ve L5 vb.)
	Atomik Saat (Rubidium, Cesium, Hydrogen Masers)
	Düzeltilme, Konumlama ve Yörünge Yazılımları
	Anten Teknolojileri (Yüksek Kazançlı ve Omni-Directional GNSS Antenleri)
	Çok Modlu Alıcı (MMR), GPS/INS Entegrasyonu

**Tablo 2: Potansiyel AR-GE ve Teknoloji Geliştirme Çalışmaları**

AR-GE ve teknoloji geliştirme konuları arasında iyonküre modelleme çalışmaları ve GPS/INS entegrasyonu öne çıkmaktadır.

### İyonosferik Modelleme ve İzleme Altyapısı:

GBAS performans kriterleri ve sistem hata kaynakları incelendiğinde iyonkürenin başlıca hata kaynakları arasında olduğu görülmektedir. Bu kapsamda, iyonosferik düzensizliklerinin öngörülmesi ve anlık değişiklikleri yansıtacak şekilde düzeltilebilmesi amacıyla ülke genelindeki iyonküre yapısının modellenerek izlenmesinin ve buradan elde edilen veriler aracılığıyla geliştirilecek olan algoritmaların sisteme entegre edilmesinin önemli katkı sağlayacağı öngörülmektedir. Türkiye coğrafyası için geçerli bir iyonküre modelinin oluşturulması için veri toplama amacıyla GPS ağı sistemi gereksinimlerinin belirlenmesi, ülke genelindeki mevcut bir GPS ağının güncellenmesi (TUSAGA-AKTİF) veya yeni bir GPS ağı sisteminin kurulması, istatistiksel model parametrelerinin belirlenmesi ve Türkiye'ye özgü iyonküre tehdit modellerinin geliştirilmesi gibi alt başlıklarda çalışmalar yürütülmesinin önemli olduğu değerlendirilmektedir.

### GPS/INS Entegrasyonu:

Ataletsel seyrüsefer sistemlerinin (INS) en önemli özelliği, herhangi bir dış referansa ihtiyaç duymaksızın hava aracının otonom olarak seyrine olanak tanımasıdır. INS sistemlerinin bu özelliği, seyir çıktılarının (aracın pozisyon, hız ve yönelim verileri) yalnızca ataletsel ölçüm sensörlerine (ivmeölçerler ve jiroskoplar) dayanarak hesaplanabilmesine dayanmaktadır. INS sisteminde bulunan ivmeölçer ve jiroskopların hataları zaman içinde navigasyon çıktılarındaki hataların büyümesine sebep olmaktadır. Bu nedenle, INS sistemlerinin uzun süreli kullanımı bu cihazların yardımcı bir seyrüsefer cihazı ile desteklenmesi ile mümkün olabilmektedir. INS hatalarının GPS almaçlarından yararlanılarak düzeltilmesi GPS/INS entegrasyonu olarak anılmaktadır. GPS kullanımı esnasında herhangi bir nedenden dolayı sinyal kesintisi veya bozunumu durumunda seyrüsefer desteğinin devamı sağlanmaktadır.



# PAZAR ANALİZİ



### 3. Pazar Analizi

Avrupa GNSS Ajansı (GSA) tarafından, GNSS pazarına yönelik olarak 2012-2021 arasında yıllık ortalama %11 büyüme öngörülmektedir. Bu büyümenin 2012-2017 yılları arası %6-8 civarı, 2017'den sonra %10 civarı olması beklenmektedir. Tüm dünyada GNSS uygulamalarına yönelik pazar 2012 yılında 65 milyar Euro iken, bu rakamın 2021 yılında 134 milyar Euro seviyesine çıkması öngörülmektedir. Havacılık uygulamalarına yönelik GNSS pazar payı 2012 yılında %5 civarı iken (3,25 milyar Euro), 2021 yılında %6,2'ye ulaşacağı (8,38 milyar Euro) değerlendirilmektedir.

GNSS sistemlerinin havacılık uygulamalarında kullanımına yönelik pazar payına paralel olarak, SBAS ve GBAS pazar hacminin yaklaşık 6 milyar Dolar olduğu ve bu rakamın önümüzdeki yıllarda artacağı değerlendirilmektedir. GBAS

uyumluluğuna sahip Boeing hava aracı sayısının 2015 itibarıyla 1000'in üzerinde olduğu ve güncel sipariş/üretim oranları göz önünde bulundurulduğunda bu sayıya her ay için yaklaşık 25 hava aracının eklendiği görülmektedir. Örnek olarak, tüm dünyadaki Boeing 737'lerin yaklaşık 3'te 1'i GBAS aviyoniklerine sahipken 787 ve 747-8 uçakları için standart donanım olarak sunulmaktadır. GBAS aviyoniklerinin standart olarak sunulması ile birlikte GBAS kabiliyetine sahip hava aracı sayısı, ilgili altyapıya sahip hava meydanı sayısı ve buna yönelik olarak küresel pazar payının da doğru orantılı olarak artacağı değerlendirilmektedir.

Uydu tabanlı sistemlerin havacılık sektöründe kullanımı kapsamında tüm paydaşlar, GNSS teknolojilerine yönelik pazar yönelimleri ve yaklaşımları Tablo 3'te gösterilmektedir.

Paydaşlar	Paydaşlar (Örnekler)	Pazar Yönelimleri ve Yaklaşımlar
Sistem/Alt Sistem Üreticileri	Honeywell Rockwell Collins Thales Avionics Universal Garmin	Uydu tabanlı sistemlerin havacılık uygulamalarında kullanımı ve pazar payları artmaktadır.  Geliştirme ve sertifikasyon çalışmaları devam etmektedir.
Hava Aracı Üreticileri	Airbus Boeing Embraer Bombardier Cessna Cirrus Piper	Sertifikasyon gereksinimleri doğrultusunda sınırlı sayıda aviyonik tedarikçisi kullanılmaktadır.  SBAS kabiliyeti özellikle özel jetlerde (iş amaçlı uçuşlar) standart olarak bulunmaktadır. GBAS kabiliyeti genellikle ticari amaçlı hava araçlarında bulunmakta ve sayıları giderek artmaktadır.
Hava Yolları	Havayolu Anlaşmaları: Oneworld SkyTeam Star Alliance	GBAS CAT-II ve III sertifikasyonu ile birlikte hava meydanlarında ve dolayısıyla havayolu şirketleri tarafından kullanımının artması öngörülmektedir. Hava trafik verimliliği, harcanan yakıt miktarının azalması vb. etkenler sonucu kullanımlarının artacağı öngörülmektedir.  Hassas yaklaşma için gerekli altyapının coğrafi kısıtlar nedeniyle kurulmadığı hava meydanlarında uydu tabanlı sistemler hava yolları tarafından tercih edilebilmektedir.
Hava Trafik Servis Sağlayıcılar	CANSO ICAO	NEXTGEN, SESAR, vb. çerçeve programlar kapsamında ve çoklu frekans, çoklu uydu kullanımının başlaması ile birlikte uydu tabanlı sistemlerin yaygınlaşması öngörülmektedir.
Hava Meydanları	Uluslararası Bölgesel Özel	Bölgesel ve özel hava meydanlarında maliyet etkin bir çözüm olarak GNSS ve SBAS benzeri yaklaşma sistemleri kullanılmaktadır.  Uluslararası hava meydanı konvansiyonel sistemleri kullanmakla birlikte (ILS, vb.) özellikle GBAS CAT-II ve III sertifikasyonunun ardından bu sistemlerin kurulmasının artması ve yaygınlaşması öngörülmektedir.

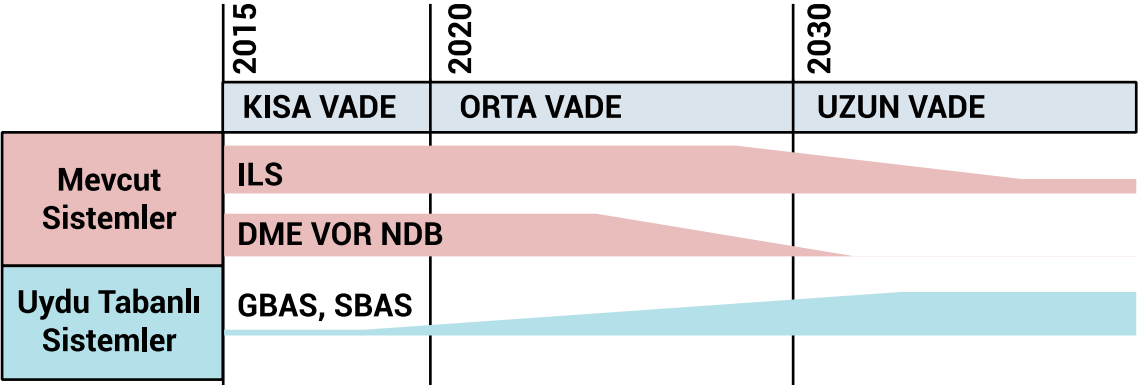
Tablo 3: GNSS Değer Zinciri ve Paydaşları



# GELECEĞE YÖNELİK PROJEKSİYON

## 4. Geleceğe Yönelik Projeksiyon

GBAS sistemlerinin gelişim süreci incelendiğinde ve havacılık otoriteleri ve programlarının yol haritaları doğrultusunda, mevcut karasal tabanlı yaklaşma, iniş ve seyrüsefer destek sistemlerinin orta ve uzun vadede sayılarının azalması ve GBAS sisteminin uzun vadede "birincil" sistem olarak kullanılması öngörülmektedir.



Şekil 3: Geleneksel ve Uydu Tabanlı Sistemlere Yönelik Projeksiyon

**Kısa vade (...-2020):** Mevcut GBAS sistemlerinin (GPS L1, CAT-I) ilgili altyapıya sahip belirli sayıda hava meydanları ve hava araçları tarafından kullanılması öngörülmektedir. Bu süre zarfında ILS vb. konvansiyonel yaklaşma ve iniş sistemlerinin birincil sistem olarak kullanıma devam edeceği değerlendirilmektedir. Bu süre içerisinde GBAS sistemine sahip hava meydanı ve ilgili aviyoniklere sahip hava aracı sayısının artacağı değerlendirilmektedir. Ayrıca, GPS L1 CAT-II ve III sistemine yönelik ICAO gereksinimlerinin belirleneceği öngörülmektedir.

**Orta vade (2020-2030):** GPS L1 CAT-II ve III GBAS sertifikasyon süreçlerinin tamamlanacağı öngörülmektedir. Hava meydanı ihtiyaçları doğrultusunda mevcut CAT-I kabiliyetine sahip GBAS yer kesiminin ve hava aracı aviyonik birimlerinin güncelleştirilmesi (upgrade) öngörülmektedir. Bunun yanında, operasyonel gereksinimler doğrultusunda hava meydanlarında yeni kurulumlar gerçekleştirilmesi ve GBAS kullanımının yaygınlaşması öngörülmektedir. Çoklu frekans (L1, L5) ve çoklu uydu kümesi (GPS, GALILEO ve/veya GLONASS) kullanımına yönelik ICAO gereksinimlerinin belirleneceği değerlendirilmektedir. GBAS sistemlerinin yaygınlaşmasıyla, hâlihazırda kullanılmakta olan ILS sistemlerinin sayısının azalacağı öngörülmektedir.

**Uzun vade (2030-...):** GALILEO'nun operasyonel olarak kullanılması ve/veya GLONASS'a ilişkin modernizasyon sürecinin tamamlanması durumunda, çoklu frekans (L1, L5) ve çoklu uydu kümesi (GPS, GALILEO ve/veya GLONASS) kullanımına yönelik sertifikasyon sürecinin tamamlanacağı değerlendirilmektedir. Çoklu uydu kümesi ve çoklu frekans kullanımı ile sistem performans parametrelerinin iyileştirileceği ve güvenilirliğin artması ile birlikte GBAS'ın birincil sistem olarak kullanılacağı değerlendirilmektedir. Çoklu uydu kümesi kullanımı doğrultusunda yer kesimi birimleri ve hava aracı aviyoniklerinde ihtiyaç duyulacak modifikasyon aşamalarının (geliştirme, entegrasyon, sertifikasyon vb.) uzun bir süreci kapsayacağı değerlendirilmektedir.



# SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER



## 5. Sonuç ve Değerlendirmeler

Uluslararası havacılık otoriteleri program ve yol haritaları doğrultusunda, geleneksel karasal tabanlı yaklaşma, iniş ve seyrüsefer destek sistemlerinin yerlerini operasyonel verimlilik arz eden maliyet etkin uydu tabanlı sistemlere bırakacağı değerlendirilmektedir.

SBAS sistemi geliştirilmesinin, havacılık uygulamalarına yönelik olarak birçok operasyonel avantaj getirmekle birlikte, kurulum, bakım, idame maliyetleri ve diğer sektörler için çoklu kullanım imkânı göz önünde bulundurulduğunda, daha stratejik bir karar niteliğinde olduğu değerlendirilmektedir. Hava araçları için seyrüsefer, hassas yaklaşma ve iniş desteği kazandırılması konusu, muhtemel bir SBAS sistemi geliştirilmesi (veya tedariki) projesinin yalnızca belirli bir kullanım alanını kapsamaktadır.

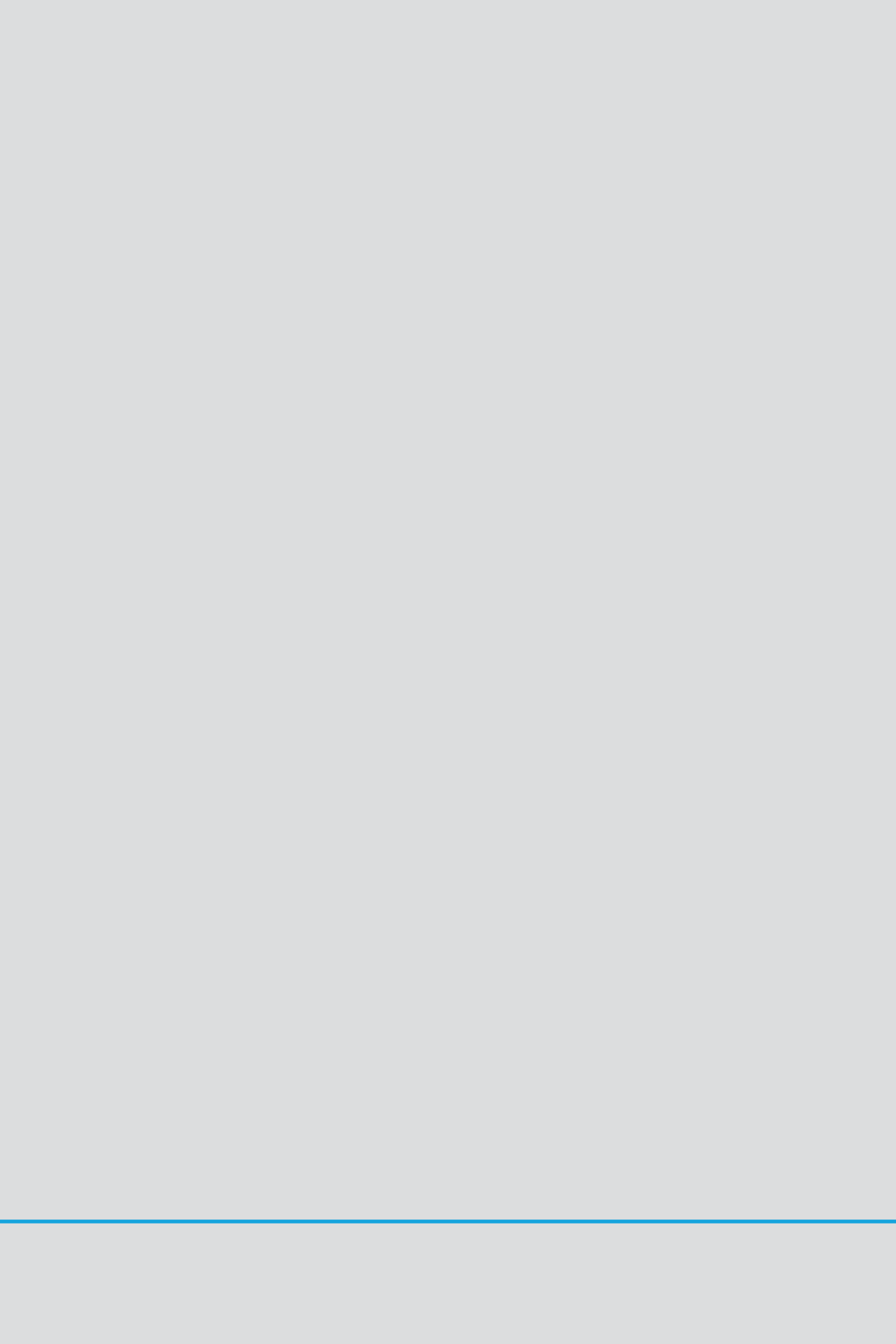
GBAS ise yaklaşma iniş desteği özelinde, diğer sistemlere göre verimlilik arz eden maliyet etkin bir çözüm teşkil etmektedir. GBAS sistemi özellikle birden çok ILS sistemi içeren ve trafik yoğunluğuna sahip hava meydanlarda maliyet etkin bir çözüm ortaya koymaktadır. Coğrafi kısıtlardan dolayı hassas yaklaşma ve iniş sistemi tesis edilemeyen hava meydanlarında uçuş emniyetini artıran bir çözüm niteliğindedir. Küresel bazda yürütülmekte olan çerçeve programlar ve uluslararası çalışma gruplarında ortaya konan çalışmalar incelendiğinde, GBAS sistemlerinin bir yol haritası bütünlüğü içerisinde küresel olarak yaygınlaşacağı ve uzun vadede birincil sistem olarak kullanılacağı öngörülmektedir.

Ülkemizdeki sanayi altyapısı ve akademik bilgi birikiminin bir araya getirilmesi ile geliştirilecek milli sistem(ler) ile ülkemizin hem kullanıcı hem de üretici tarafında potansiyel paydaş konumunda olduğu ve gerçekleştirilecek orta ve uzun vadeli planlamalar ile fırsatların değerlendirilebileceği öngörülmektedir.



## KAYNAKÇA

- S. Ataş, M. E. Çiftçi, M. Kılıç, O. Koç, D. Altın, B. G. Özdemir, A. Yeşilyurt, GNSS Based Augmentation Systems: Aviation Perspective and Vision for Turkey, RAST 2015.
- S. Ataş, M. E. Çiftçi, M. Kılıç, O. Koç, D. Altın, B. G. Özdemir, A. Yeşilyurt, Yaklaşma İniş Sistemlerinde İleri Teknolojiler, HİTEK 2014.
- S. Webb, A. Pannu, S. Ahmed, Global Navigation Satellite System Applications Market Assessment In Pursuit Of New Business Opportunities, Frost&Sullivan, 2013.
- GNSS Market Report, Issue 3, European GNSS Agency, 2013.
- 2013-2028 Global Air Navigation Plan, ICAO, 4th Edition, 2013.
- Partnering to deliver global interoperability, EUROCONTROL, 2012.
- F. Salabert, Extending GPS and GALILEO Interoperability, DDAS/EUROCONTROL.
- G. Ueland, GS Keynote, Galileo Services document for UN International Meeting on GNSS applications, European GNSS Agency (GSA), Vienna, 2012.
- Report: SBAS, GBAS Market Worth \$6 Billion Worldwide, Avionics Today, 2012.
- Roadmap for Performance Based Navigation, Evolution for RNAV and RNP Capabilities: 2006-2025, 2006.





[www.stm.com.tr](http://www.stm.com.tr)

[in](#) [t](#) [v](#) [u](#) [f](#) /STMDefence

