Inserire una pagina iniziale con proposte di titolo

Una pagina con l’indice (cap 1 introduzione, cap 2 il settore aerospaziale (con vari sottoparagrafi) cap 3 etc…

# Panoramica del settore aerospaziale

## Excursus Storico

Una pietra miliare del campo aerospaziale è rappresentata dal lancio del satellite Sputnik da parte dell’Unione Sovietica nel 1957.

Un anno dopo, negli Stati Uniti, la National Advisory Commitee for Aeronautics, fondata nel 1915 per svolgere ricerca di base nel settore aeronautico, venne trasformata nella National Aeronautics and Space Administration, cioè la NASA che noi tutti conosciamo ancora oggi.

Sin dall'inizio dell'era spaziale, diversi leader del settore privato avevano espresso preoccupazioni riguardo a un modello centralizzato che potesse ostacolare il progresso delle priorità pubbliche e commerciali nello spazio.

Ralph Cordiner, ex presidente e CEO di General Electric, già nel 1961 prevedeva lo sviluppo del settore spaziale diretto dal governo statunitense nei decenni successivi, sostenendo che alla fine lo sviluppo dello spazio sarebbe stato guidato dal tradizionale sistema competitivo aziendale. È possibile notare che, nonostante le chiare logiche economiche a favore del modello centralizzato, il quale ha raggiunto obiettivi notevoli nel fornire beni pubblici come la sicurezza nazionale e la scienza di base durante la Guerra Fredda, questo approccio ha comportato anche svantaggi come incentivi deboli per l'allocazione efficiente delle risorse, scarsa aggregazione delle informazioni e resistenza all'innovazione a causa della ridotta concorrenza.

Durante questo periodo storico, la NASA, in continua competizione con l’Unione Sovietica, ha raggiunto i suoi più importanti risultati grazie alle missioni Apollo che hanno raggiunto l’obiettivo storico di far arrivare l’uomo sulla Luna nel 1969. Tuttavia, dalla fine dell’ultima delle missioni Apollo avvenuta nel 1972, la NASA ebbe serie difficoltà a decidere dove concentrare ulteriormente i suoi sforzi per i prossimi decenni. Come spiegò in seguito Logsdon (2015), una motivazione parziale della difficoltà della NASA di andare avanti con nuovi obiettivi era la stretta connessione tra le missioni Apollo e la competizione con l’Unione Sovietica in quanto le missioni erano già state completate e non si aveva affatto un’idea precisa su come procedere in futuro.

Alla fine, la NASA, sempre mantenendo il suo sistema centralizzato che limitò notevolmente lo sviluppo di un mercato commerciale, decise di concentrare i suoi sforzi sul progetto Space Shuttle, che nei successivi due decenni portarono a risultatati piuttosto ambivalenti. Tra i suoi più ragguardevoli traguardi, attraverso i vari lanci dello Shuttle avvenuti tra il 1981 e il 2011, possiamo ricordare la costruzione della Stazione Spaziale Internazionale (ISS) e la costruzione del telescopio spaziale Hubble. Tuttavia, come sottolineato da Weinzierl (2018), i costi sostenuti sono stati decisamente più alti del previsto e le performance poco soddisfacenti. Dal punto di vista di un economista, questo risultato può essere spiegato dai bassi incentivi nell’ottimizzazione di allocazione delle risorse unita a una resistenza all’innovazione dovuta alla mancanza di un ambiente competitivo. In ogni caso, il vero punto di svolta avvenne solo dopo i due incidenti dello shuttle Challenger nel 1986 e dello shuttle Columbia nel 2003 che mise definitivamente in crisi il sistema centralizzato e portò infatti da lì a poco a concludere il programma Shuttle nel 2011.

Grazie a questo fallimento della NASA, il settore aerospaziale divenne sempre di più decentralizzato andando a sviluppare quello che oggi conosciamo come la “New Space economy”, dove i privati trainano il settore aerospaziale portando una costante innovazione, come aveva già predetto Ralph Cordiner più di 60 anni fa.

Allo scopo di favorire questa transizione, la NASA fece una serie di partnerships pubblico-privato che presero il nome di Commercial Orbital Transportation Services (COTS).

Lanciato nel 2005 con un finanziamento di 500 milioni di dollari dal Congresso statunitense, il programma COTS aveva l'obiettivo di incentivare le imprese private a sviluppare capacità e servizi per aprire nuovi mercati spaziali e soddisfare le esigenze logistiche della Stazione Spaziale Internazionale. Questa iniziativa ha segnato un cambio di paradigma, trasformando la NASA da un supervisore a un partner delle aziende private, riducendo il rischio per l'agenzia e permettendo alle imprese di gestire in modo più autonomo i loro progetti spaziali.

Una delle innovazioni fondamentali del programma COTS è stata l'adozione di contratti a prezzo fisso anziché dei tradizionali contratti basati sul modello cost-plus, ovvero un contratto dove tutti i costi sostenuti dall’appaltatore vengono coperti dal committente più una percentuale di profitto, che porta di conseguenza il committente a un ruolo da supervisore. Questo cambiamento ha trasferito il rischio dalle spalle della NASA alle imprese private, riducendo la necessità di un monitoraggio intensivo e di contratti complessi per controllare i costi e stimolare l'innovazione nel settore spaziale.

Il successo del programma COTS ha dimostrato che la collaborazione pubblico-privato può essere un efficace motore di progresso nel contesto aerospaziale, aprendo la strada a nuove opportunità di investimento e sviluppo nel settore. Questa partnership ha contribuito a ridurre i costi di accesso allo spazio e ha favorito la realizzazione di missioni spaziali più efficienti ed economicamente sostenibili, rappresentando un passo significativo verso la commercializzazione e l'esplorazione continua dello spazio.

## Il contesto di mercato della New Space Economy

Il settore aerospaziale include tutte le attività connesse all'esplorazione, alla ricerca, alla comprensione, alla gestione e all'impiego dello spazio, oltre allo sfruttamento delle risorse che ne derivano (OECD, “The Space Economy at a Glance”, 2014).

Con l’avvento del nuovo millennio, il settore aerospaziale iniziò progressivamente a diventare sempre più privatizzato grazie a diversi fattori, quali l’avvento di Internet, minori costi legati all’uso di tecnologie spaziali e al loro utilizzo attraverso applicazioni utilizzabili da terra e di nuove dinamiche emergenti nel contesto geopolitico (Spacetech, Intesa Sanpaolo Innovation Centre 2022).

La maturazione del settore avvenne durante la seconda metà degli anni 2010 grazie alla venuta di importanti investimenti privati che hanno affiancato il tradizionale finanziamento governativo, ridefinendo i rapporti tra pubblico e privato nelle attività spaziali e aprendo a questa nuova fase che prende il nome di New Space Economy. (Spacetech, Intesa Sanpaolo Innovation Centre 2022).

Analizzando la value chain del settore possiamo dividerla in tre grossi segmenti (OECD Handbook On Measuring The Space Economy 2022*)*:

* Il segmento Upstream che si concentra sulle attività che avvengono all'inizio della catena del valore, come la progettazione, lo sviluppo e la produzione di componenti, parti e sistemi aerospaziali. Le aziende coinvolte in questo settore includono produttori di materiali, componenti e sub-componenti, nonché fornitori di tecnologie e servizi di ingegneria.
* Il segmento Downstream che si riferisce alle attività successive della catena del valore, come l'assemblaggio, l'integrazione, il test, la distribuzione e il supporto post-vendita dei prodotti aerospaziali completi. Le aziende coinvolte in questo settore includono costruttori di aeromobili, fornitori di sistemi completi e servizi di manutenzione, riparazione e revisione.
* Tutti quelle attività, prodotti o servizi che sono derivati delle tecnologie spaziali, ovvero il trasferimento di tali tecnologie su altri settori come ad esempio quello automobilistico e medico.

Le imprese più rilevanti del segmento Upstream le troviamo in Nord America, Europa ed Asia, le quali possono contare su una domanda governativa nazionale piuttosto stabile e si trovano in mercato più maturo rispetto a regioni con economie emergenti (Euroconsult, Space economy report 2022).

Immagine che contiene testo, schermata, Carattere, numero

Descrizione generata automaticamente

Il segmento Downstream invece gode di un mercato molto più distribuito, grazie soprattutto alla sua natura che lo porta ad essere più vicino al consumatore finale e ai costi iniziali d’entrata significativamente inferiori rispetto al segmento Upstream che infatti gode con più frequenza di finanziamenti governativi. In aggiunta, la crescita del segmento Downstream si può legare a fattori come la costante crescita dei tenori di vita delle economie più sviluppare che sta portando a una crescente domanda per servizi legati alla connettività e alla navigazione. Questa domanda per una connettività sempre più rapida è spinta inoltre da diversi governi nazionali, i quali puntano a raggiungere i propri obiettivi strategici attraverso il finanziamento di diversi programmi di connettività satellitare (Euroconsult, Space economy report 2022).

Immagine che contiene testo, schermata, Carattere, numero

Descrizione generata automaticamente

L’intero mercato aerospaziale è stato valutato attorno ai 378 miliardi di dollari nel 2020, con una crescita del 12% rispetto al 2016. Per il futuro si prevede una crescita a ritmi altrettanto sostenuti con ricavi che vengono stimati fino a 600 miliardi entro il 2030 e di un triliardo di dollari entro il 2040 (Spacetech, Intesa Sanpaolo Innovation Centre 2022).

Immagine che contiene testo, schermata, Carattere, Policromia

Descrizione generata automaticamente

## Il ruolo delle Agenzie Spaziali

Nonostante nel tempo la figura delle agenzie spaziali nazionali e internazionali sia diventata sempre più marginale rispetto ai decenni scorsi, esse continuano a ricompire un ruolo essenziale nello sviluppo delle tecnologie spaziali, in quanto tali tecnologie hanno bisogno di un lungo periodo di test, specialmente nel segmento Upstream, per poter salire di livello sulla scala TRL (Technology Readiness Level). Ciò è dovuto alle condizioni decisamente inospitali alla vita che lo spazio offre e dunque un’alta affidabilità delle tecnologie utilizzate è di vitale importanza. Di conseguenza, le agenzie spaziali rivestono il ruolo di coordinatore nello sviluppo delle tecnologie spaziali a causa della visione di lungo termine e del costante afflusso di investimenti che esse richiedono (Spacetech, Intesa Sanpaolo Innovation Centre 2022).

In Italia questo ruolo di coordinatore è rivestito dall’Agenzia Spaziale Italiana (ASI), fondata nel 1988. L’agenzia è supervisionata dal Ministero Università e Ricerca (MUR) italiano e insieme cooperano attivamente nella promozione di attività di ricerca di base e applica nel settore aerospaziale. Le linee guida dell’ASI vengono dettate dal Documento Strategico di Politica Spaziale Nazionale (DSPSN) e dal Documento di Visione Strategica dello Spazio (DVSS). In particolare, il Documento di Visione Strategica dello Spazio 2020-2029 riconosce 8 aree programmatiche che corrispondono a una serie di attività che l’ASI si impegna a promuovere nei prossimi anni. Queste attività includono:

1. Telecomunicazioni, osservazione della Terra e navigazione
2. Lo studio dell’universo, in particolare in quei progetti svolti in collaborazione con la NASA o l’ESA (European Space Agency)
3. Accesso allo spazio
4. Volo sub-orbitale e piattaforme stratosferiche piattaforme, che avranno lo scopo di promuovere la creazione di porti spaziali con tutti i servizi correlati annessi
5. Servizi di assistenza in orbita, che include anche il deorbitaggio dei satelliti e della loro manutenzione
6. Esplorazione robotica dello spazio e dei corpi celesti attraverso i vari programmi di cooperazione internazionale
7. Esplorazione umana dello spazio, sempre grazie alle collaborazioni con NASA e ESA
8. Space Situational Awareness (SSA), che si riferisce a tenere traccia degli oggetti in orbita e a prevedere dove si troveranno in un determinato momento, in modo da proteggere sia la popolazione che le infrastrutture che rivestono un importante valore economico e militare.

L’ASI riesce a ricoprire questo ruolo centrale all’interno dell’ecosistema spaziale italiano grazie anche ad importanti investimenti a lungo termine sia in progetti nazionali che internazionali in collaborazione con agenzie come l’ESA, la NASA e JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency) (Spacetech, Intesa Sanpaolo Innovation Centre 2022). All’interno di questi investimenti, troviamo anche delle partecipazioni minoritarie tra i più grandi gruppi privati spaziali nel contesto italiano, i quali hanno il maggior numero di progetti a lungo termine e che hanno un maggiore impatto. Tra le più rilevanti partecipazioni evidenziamo:

* Una partecipazione del 20% in e-GEOS, una joint venture con la società Telespazio, che si occupa della gestione del segmento di terra e della raccolta dati della costellazione di satelliti COSMO-SkyMed
* Una partecipazione del 36.5% in ALTEC, la quale è specializzata nella fornitura di servizi ingegneristici e logistici per la Stazione Spaziale Internazionale (ISS) e nella programmazione e implementazione di missioni per l’esplorazione spaziale
* Una partecipazione del 30% in Spacelab, la quale sviluppa tecnologie e prodotti innovativi per l'accesso allo spazio nel segmento dei lanciatori.

In aggiunta, l’Italia è anche un membro fondatore e attivo dell’European Space Agency (ESA), fondata nel 1975. L’ESA è un’agenzia internazionale con l’obiettivo di coordinare le varie attività spaziali degli stati europei membri. Tra i suoi 22 stati membri troviamo anche stati non facenti parte dell’Unione Europea come il Regno Unito, la Norvegia, la Svizzera e persino il Canada. Un importante aspetto da sottolineare è che l’ESA non fa parte dell’UE, ma è un’entità del tutto indipendente, anche dal punto di vista finanziario. Tuttavia, ESA e UE operano in stretta collaborazione, soprattutto per quanto riguarda le infrastrutture che fanno parte del programma spaziale della UE, come il sistema di navigazione satellitare Galileo e il sistema e la costellazione di satelliti Copernicus.

Come mezzi di finanziamento, l’ESA sfrutta due principali canali:

* Il programma obbligatorio che include tutte quelle attività scientifiche e servizi generali che vengono considerati essenziali affinché l’ESA possa svolgere le proprie funzioni. A questo programma sono chiamati a contribuire tutti gli stati membri e tali contributi vengono calcolati sulla base del PIL nazionale di ogni stato membro.
* I programmi opzionali che godono di una maggiore flessibilità e ogni stato membro può decidere in autonomia se finanziare uno dei suddetti programmi.

L'ESA investe in contratti industriali negli Stati membri, con una ripartizione geografica dei finanziamenti proporzionale al contributo economico di ciascun paese (Spacetech, Intesa Sanpaolo Innovation Centre 2022). Grazie a questo meccanismo di ripartizione geografica, l’ESA rappresenta uno degli investitori più importanti per l’ecosistema spaziale italiano, essendo l’Italia la terza il terzo contributore netto, preceduto da Francia e Germania.

Inoltre, l’ESA ricopre un ruolo cruciale a livello europeo nel sostegno delle start-up innovative e di spinoff deeptech, attraverso iniziative per specifiche tecnologie o attraverso programmi di incubazione strutturati svolti dai cosiddetti ESA Business Innovation Centres (BIC) (Spacetech, Intesa Sanpaolo Innovation Centre 2022). In Italia sono presenti due di questi centri di incubazione ESA BIC per le start-up spaziali, uno a Roma, fondato nel 2009, e uno a Torino, fondato nel 2021.

## I principali segmenti del settore aerospaziale

Il settore aerospaziale è riconosciuto come uno dei motori trainanti dell'economia dato che il suo sviluppo ha impatti positivi anche in numerosi altri settori industriali che non fanno parte del settore spaziale in senso stretto. Ciò è dovuto soprattutto alla capacità del settore di innovare per affrontare le grandi sfide tecnologiche poste dalle missioni e dai programmi spaziali e tali innovazioni poi possono venire sfruttate per altri ambiti al di fuori del contesto spaziale (Spacetech, Intesa Sanpaolo Innovation Centre 2022).

A causa di questo continuo interscambio delle tecnologie spaziali da un settore all’altro, i confini tra attività spaziali e non spaziali sono spesso poco chiari, il che porta a modi diversi di valutare l'economia spaziale complessiva. Questo aspetto è particolarmente critico quando si prova a stabilire il confine tra il segmento downstream e il segmento relativo agli utenti finali. Man mano che l'analisi si sposta verso il basso della catena del valore, la valutazione della relazione causale diretta (la cosiddetta paternità) tra l'industria spaziale e i benefici apportati agli utenti finali diventa complessa da isolare e misurare con precisione (PWC, Main Trends & Challenges in the Space Sector 2020).

I diversi usi o applicazioni delle attività spaziali si evolvono costantemente, poiché le tecnologie spaziali diventano sempre più integrate nei sistemi e nei servizi utilizzati nelle attività di routine. Riprendendo le definizioni date dall’OECD nel suo Handbook on Measuring the Space Economy(2012), le attività spaziali più comuni sono:

* Comunicazioni satellitare, che comprendono lo sviluppo e l'utilizzo di satelliti e dei relativi sottosistemi per l'invio di segnali verso la Terra ai fini di servizi di telecomunicazione fissi o mobili (voce, dati, Internet e multimedia) e di trasmissione (servizi televisivi e radiofonici, servizi video, contenuti Internet).
* Osservazione della Terra (più comunemente conosciuto con la sigla EO che sta per Earth Observation), che comprende lo sviluppo e l’uso di satelliti che hanno il fine di misurare monitorare il nostro pianeta, sia dal punto di vista climatico che di sicurezza per le persone.
* Posizionamento e navigazione, che comprende lo sviluppo e l’utilizzo di satelliti e relativi sottosistemi per servizi di localizzazione, posizionamento e cronometraggio. La navigazione è utilizzata per il trasporto aereo, marittimo e terrestre o per la localizzazione di persone e veicoli. Questa categoria fornisce inoltre uno standard universale di riferimento, il Global Navigation Satellite Systems (GNSS), per l'ora e la posizione per una serie di sistemi.
* Esplorazione spaziale, che comprende lo sviluppo e l'uso di veicoli spaziali con o senza equipaggio (comprese le stazioni spaziali, i rover e le sonde) per esplorare l'universo al di là dell'atmosfera terrestre (ad esempio, la Luna, gli altri pianeti, i satelliti). All’interno di queste attività sono incluse anche quelle relative alla Stazione Spaziale Internazionale e la varia attrezzatura utilizzabile dagli astronauti.
* Scienza spaziale, la cui categoria include tutte quelle attività scientifiche che comprendono vari campi scientifici che riguardano il volo spaziale o qualsiasi fenomeno che si verifica nello spazio o su altri pianeti (ad esempio astrofisica, scienza planetaria, scienza della vita legata allo spazio, tracciamento dei detriti spaziali). In aggiunta, questa categoria include anche le scienze della Terra legate allo spazio, cioè i diversi campi scientifici che utilizzano osservazioni spaziali per studiare la costituzione fisica e chimica della Terra e della sua atmosfera (ad esempio il monitoraggio del clima e lo studio dell’atmosfera terrestre).
* Trasporto spaziale, che comprende lo sviluppo e l’utilizzo di veicoli di lancio e dei relativi sottosistemi. Sono compresi i servizi di lancio, i porti spaziali governativi e commerciali e i servizi logistici e di ultimo miglio per il trasporto tra le orbite.
* Tecnologie spaziali, la cui categoria include quelle tecnologie specifiche per i sistemi spaziali utilizzati in varie missioni spaziali, come i sistemi nucleari spaziali, la propulsione elettrica solare, ecc.

## I diversi trend del settore aerospaziale

All’interno del settore aerospaziale, è possibile identificare delle tendenze sui vari segmenti più sviluppati commercialmente. I principali domini che possiamo identificare sono (PWC, Main Trends & Challenges in the Space Sector 2020):

* Osservazione della Terra (EO)
* Navigazione
* Telecomunicazioni (satcom)
* Accesso allo spazio
* Space Situational Awareness (SSA) e Space Traffic Management (STM)
* Esplorazione dello spazio

Nel contesto dell’Osservazione della Terra (EO), il mercato è destinato a una crescita costante nei prossimi anni, con trend positivi sia dal lato della domanda che dell’offerta, grazie alla sua utilità in numerosi settori al di fuori dell’aerospazio, come l’agricoltura, lo sviluppo urbano, il settore energetico e la creazione di nuovi servizi finanziari, solo per citarne alcuni. Un primo aspetto da evidenziare è la crescente presenza di aziende che adottano un modello di business integrato verticalmente, sfruttando sinergie tra le attività a monte e a valle della catena del valore. Questo fenomeno porterà a una significativa riduzione dei prezzi dei dati EO e favorirà una maggiore diversificazione dei servizi offerti. Inoltre, l’accesso a tecnologie di cloud storage e a potenza di calcolo a basso costo sta alimentando un nuovo mercato basato sulle Big Data Applications, che stimolerà lo sviluppo di nuovi casi d’uso, come il monitoraggio del cambiamento climatico e la gestione delle risorse naturali, con tassi di crescita annuale previsti superiori al 20%. A questa tendenza si collega anche l’adozione di strumenti open-source e la crescente accessibilità dei dati che sta portando le analisi di base dei, come il conteggio degli oggetti o il rilevamento dei cambiamenti, a diventare delle commodity, permettendo a un numero crescente di utenti non tecnici di sfruttare i dati EO (PWC, Main Trends & Challenges in the Space Sector, 2020).

Nel settore della navigazione satellitare, si stanno verificando trend significativi che ne stanno favorendo una rapida evoluzione. L'integrazione di ricevitori multi-costellazione, capaci di elaborare segnali provenienti da più sistemi GNSS, sta aumentando l'accuratezza e la sicurezza delle applicazioni di navigazione, rendendole più resistenti a interferenze come il jamming o lo spoofing. Inoltre, lo sviluppo di sistemi multifrequenza migliora le prestazioni dei dispositivi di ricezione, grazie alla crescente disponibilità di segnali provenienti da nuove costellazioni e sistemi di potenziamento satellitare (SBAS). A livello europeo, il programma Galileo rappresenta una pietra miliare per la navigazione globale sotto controllo civile, offrendo servizi ad alta precisione e supportando settori critici come le comunicazioni di emergenza. Parallelamente, diversi paesi stanno sviluppando i propri SBAS per migliorare l'integrità e l'accuratezza dei dati, con esempi rilevanti in Australia e Nuova Zelanda. Tutti questi sviluppi spingono la crescita del mercato downstream della navigazione, con soluzioni innovative che migliorano il posizionamento, la navigazione e il timing, aumentando le opportunità in diversi settori economici (PWC, Main Trends & Challenges in the Space Sector, 2020).

Anche nel settore delle telecomunicazioni (satcom) si può evidenziare un mercato altamente competitivo e in rapida espansione, che continua a evolversi per rispondere alle crescenti esigenze di una connettività sempre presente. In primo luogo, vi è una crescente domanda da parte di nuovi segmenti di mercato, come la mobilità, l’Internet delle Cose (IoT) e le macchine a macchina (M2M.) Le costellazioni satellitari in orbita bassa (LEO) stanno giocando un ruolo chiave in questo contesto, con la creazione di sistemi di comunicazione che sfruttano nuove tecnologie per soddisfare tali esigenze. Il passaggio dalle costellazioni tradizionali in orbita geostazionaria (GEO) a quelle in orbita bassa (LEO), come dimostrano le iniziative di SpaceX con Starlink e OneWeb, ha portato a una riduzione del CAPEX grazie alle economie di scala, mentre l’integrazione verticale dei modelli di business sta consentendo un controllo più efficiente di tutte le fasi della catena del valore. Inoltre, la crescente richiesta di applicazioni a bassa latenza e ad alto throughput sta alimentando lo sviluppo del settore, con un aumento delle partnership tra operatori satellitari e distributori locali per penetrare mercati regionali di nicchia. Un altro trend rilevante è l'emergere di nuove opportunità grazie all’avvento della connettività satellitare abilitata dal 5G, che apre le porte a nuovi mercati come la sicurezza marittima e le auto connesse (PWC, Main Trends & Challenges in the Space Sector, 2020).

Nel settore dell'accesso allo spazio, diversi trend stanno modellando il mercato. In primo luogo, la riduzione dei costi per l'accesso allo spazio è al centro degli sviluppi tecnologici. Le aziende stanno lavorando sulla modularità dei lanciatori e sullo sviluppo di sistemi riutilizzabili per abbassare i costi di produzione e operazione. Esempi di questi sviluppi includono Falcon Heavy, Ariane 6 e Vega-C, che condividono componenti comuni per aumentare le economie di scala. Un altro trend chiave è la proliferazione dei micro-lanciatori volti a fornire soluzioni più economiche per il lancio di piccoli satelliti. Questi progetti sono spesso supportati da agenzie locali e mirano a rendere l'accesso allo spazio più accessibile anche per le aziende più piccole. Tuttavia, la sostenibilità commerciale a lungo termine di queste soluzioni deve ancora essere dimostrata. Allo stesso tempo, si assiste allo sviluppo di motori a propellente ossigeno liquido (LOX) o metano, che promettono semplificazioni nel design dei lanciatori, motori riaccendibili e una gestione più semplice dello stoccaggio dei carburanti (PWC, Main Trends & Challenges in the Space Sector, 2020).

La Space Situational Awareness (SSA) sta diventando un'area critica nel settore spaziale, a causa del crescente numero di satelliti e detriti spaziali che pongono rischi crescenti alla sostenibilità delle attività spaziali. Il crescente traffico spaziale, soprattutto in orbita bassa (LEO), con progetti di costellazioni in espansione, sta portando alla necessità di sviluppare sistemi di gestione del traffico spaziale (STM) per garantire un utilizzo sicuro e sostenibile dell'ambiente spaziale. L'aumento dei detriti spaziali rappresenta una sfida significativa, richiedendo l'adozione di misure di mitigazione e tecnologie innovative per la rimozione attiva di detriti, con quest’ultime che sono ancora in fase di sviluppo (PWC, Main Trends & Challenges in the Space Sector, 2020).

Infine, nel settore dell'esplorazione spaziale stiamo assistendo a una fase di forte crescita e cambiamenti, con il coinvolgimento sia di attori istituzionali che privati. Tra i trend più significativi c'è l'aumento delle missioni verso la Luna e Marte, supportato da programmi come Artemis della NASA, e dalle iniziative di aziende private che sviluppano capacità di trasporto interplanetario, come SpaceX e Blue Origin.Un altro trend è la nascita di un mercato per la Space Resource Utilization (SRU), che si concentra sull'utilizzo delle risorse spaziali (come la regolite o il ghiaccio presenti sui corpi celesti) per sostenere le attività in situ. Startup come ispace stanno investendo in queste tecnologie innovative, benché restino sfide normative e tecniche legate alla regolamentazione e alla maturità tecnologica. Inoltre, il turismo spaziale sta attirando sempre più investimenti privati, con aziende come Virgin Galactic e Blue Origin che stanno sviluppando voli suborbitali e orbitali commerciali per i turisti. Queste attività apriranno nuove opportunità di business per i prossimi decenni, rendendo lo spazio accessibile non solo per le missioni scientifiche ma anche per scopi commerciali e ricreativi (PWC, Main Trends & Challenges in the Space Sector, 2020).