Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU
Ministero dell'Università e della Ricerca
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
ICSC Centro Nazionale di Ricerca in HPC, Big Data and Quantum Computing

REPORT

SOCIETÀ DIGITALI

OS
Osservatorio sulle tendenze e le applicazioni del Supercalcolo

Centro Nazionale di Ricerca in HPC, Big Data and Quantum Computing

Osserv-azioni su...

SPACE ECONOMY

Tendenze e applicazioni del Supercalcolo, Big Data e Quantum Computing

Febbraio 2025

Indice

Indice 2
Introduzione 3
La Space Economy: definizione 4
A che punto siamo in Europa? 5
A che punto siamo in Italia ? 9
Space economy: quali casi d'uso? 12
Grab anything: soluzioni di grasping per lo spazio 13
Magic: produzione satellitare as a service 14
Monitorare la superficie terrestre attraverso radar satellitari: Titan4 15
Tecnologie quantistiche per migliorare le prestazioni dei satelliti: il caso di Rotonium 16
SolarCube: fornire energia con efficienza per missioni nello spazio 17
Gestire e sorvegliare il traffico spaziale: l'esperienza di Arca Dynamics 18
LunaDrone: un sistema di esplorazione per il suolo lunare 19
Accesso rapido e veloce allo spazio: HyperDart 20
Supportare le attività umane oltre la Terra: la piattaforma di Kurs Orbital 21
Satelliti economici, sostenibili, riutilizzabili: l'esperienza di Space Frontier 22
Materiali leggeri e ad alte prestazioni per l'aerospaziale: AddyX 23
Sistemi energetici in ambienti estremi: il supercondensatore di Novac 24
Le tecnologie abilitanti per la space economy nel Centro Nazionale di Ricerca in HPC, Big Data e Quantum Computing 25
Ottimizzazione quantistica per lo spazio: il progetto ACAT 26
Processori spaziali di nuova generazione: il progetto RISCV 29
Costellazioni satellitari per infrastrutture resilienti: il progetto RC 30
Nuovi metodi di geolocalizzazione per una mobilità più sicura: il progetto GNSS-SDR 31
Monitoraggio dei rischi naturali dallo spazio: il progetto HAMMON 32
Gemelli digitali per la gestione delle emergenze: il progetto DIRECT 33
PERBACCO: early warning system per la prevenzione della diffusione della flavescenza dorata basato sul monitoraggio multiparametrico airborne delle colture vinicole 34
Algoritmo di apprendimento deterministico per l'identificazione di pannelli fotovoltaici 35
Intelligenza artificiale per l'analisi delle immagini satellitari 36
Scenari e prospettive future per la space economy 37
Trend di mercato 37
La space economy e i settori industriali 41
La space economy tra i megatrend globali 46
Trend tecnologici chiave 47
Trend di Upstream 47
Trend di Downstream 49
Bibliografia 52

Introduzione

La *Space Economy,* come riportato dal Ministero delle Imprese e del Made in Italy, è la catena del valore che, partendo dalla ricerca, sviluppo e realizzazione delle infrastrutture spaziali abilitanti arriva fino alla generazione di prodotti e servizi innovativi "abilitati" (servizi di telecomunicazioni, di navigazione e posizionamento, di monitoraggio ambientale previsione meteo, ecc). Essa rappresenta una delle più promettenti traiettorie di sviluppo dell'economia mondiale dei prossimi decenni.

L'Italia vanta una lunga tradizione nelle attività spaziali: tra le prime nazioni al mondo a lanciare ed operare in orbita satelliti, è tra i membri fondatori dell'Agenzia Spaziale Europea, di cui è oggi terzo paese contributore.

In questo report analizziamo lo sviluppo del settore in Europa e poi in Italia.

Presentiamo poi degli use case basati su dati raccolti tramite un questionario dedicato e tramite il nostro network. Questi progetti offrono una visione concreta sull'adozione delle tecnologie avanzate in diversi contesti aziendali e istituzionali italiani.

La seconda metà del report si concentra sui progetti della Fondazione ICSC dedicati alla Space Economy.

Infine, mostriamo trend e scenari futuri, che delineano le prospettive a lungo termine, evidenziando i principali sviluppi tecnologici, economici e normativi attesi.



Eleonora Barelli
Eleonora.barelli@ifabfoundation.org



Eleonora Ocello
Eleonora.ocello@ifabfoundation.org



Ethel Gallo
Ethel.gallo@ifabfoundation.org

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU
Ministero dell'Università e della Ricerca
Italiadomani PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
ICSC Centro Nazionale di Ricerca in HPC, Big Data and Quantum Computing

La Space Economy: definizione

L'OCSE definisce la Space Economy, nell'accezione più ampia, come l'intera gamma di attività e l'uso di risorse che creano valore e benefici per gli esseri umani nel corso dell'esplorazione, ricerca, comprensione, gestione e utilizzo dello spazio.

Più in dettaglio, come riportato nell'articolo *La Space Economy fra nuovi business e benefici sociali di Cavallo e Paravano*, la Space Economy ha un duplice significato. Da un lato, essa si rivolge all'accesso e all'esplorazione dello spazio, le cui attività (tra cui si annoverano ad esempio space tourism, space colonization, asteroid mining) avranno ricadute rilevanti ma nel contempo concretizzabili solo nel lungo o lunghissimo termine. Dall'altro lato, l'Economia dello Spazio si rivolge all'utilizzo dello spazio per realizzare servizi a valore aggiunto con impatti sulla terra, apprezzabili già nel breve-medio termine.

Le infrastrutture spaziali già operative rendono possibile lo sviluppo di nuovi servizi, che a loro volta permettono l'applicazione di soluzioni innovative in settori come la meteorologia, l'energia, le telecomunicazioni, le assicurazioni, i trasporti, il settore marittimo, l'aviazione e lo sviluppo urbano, generando ulteriori benefici economici e sociali. Il settore spaziale non è solo un settore in crescita di per sé, ma è anche un abilitatore essenziale della crescita in altri settori, come riporta l'Agenzia Spaziale Europea all'interno del suo portale.

Questa dinamica ha portato alcuni analisti a dichiarare che l'industria spaziale potrebbe diventare il prossimo settore da mille miliardi di dollari entro il 2040. Le principali tendenze attuali che stanno influenzando la Space Economy includono:

- Un interesse pubblico in continua crescita e investimenti sempre maggiori nelle attività spaziali a livello globale;
- Un livello senza precedenti di investimenti privati nelle imprese spaziali, legato a una maggiore attrattiva e a prospettive di redditività più elevate, nonché a un mercato del Venture Capital (VC) in espansione;
- Un numero sempre crescente di attori nel settore;
- Entrate dell'industria spaziale ancora in crescita;
- L'ulteriore sviluppo di attività commerciali in tutto il mondo, comprese quelle basate su piccoli satelliti (smallsats/cubesats) e l'espansione delle attività commerciali in nuovi ambiti, come i micro-lanciatori e i voli spaziali;
- Un'industria spaziale tradizionale che continua a generare la maggior parte dei ricavi, ma che si trova ad affrontare mercati più competitivi e incerti;
- L'ulteriore sviluppo del fenomeno del *New Space* a livello globale.

A che punto siamo in Europa?

Il programma spaziale dell'Unione Europea ha l'obiettivo di aiutare a svolgere le attività quotidiane che avvengono sulla Terra. I satelliti che l'UE invia in orbita consentono a milioni di persone di comunicare utilizzando le nuove tecnologie, viaggiare via terra, mare e aria e sviluppare nuovi modi per migliorare la salute del nostro pianeta.

La politica spaziale dell'UE, secondo quanto riportato dal Consiglio europeo:

- contribuisce a creare posti di lavoro e a stimolare la crescita e gli investimenti in Europa;
- svolge un ruolo cruciale nel sostenere la duplice transizione verso un modello economico verde e digitale;
- rafforza l'autonomia strategica dell'UE;
- amplia i confini della scienza e della ricerca;
- promuove e facilita altre politiche in settori come la sicurezza e la difesa e l'industria.

Inoltre, il Consiglio dell'Unione Europea, sostiene che dati spaziali di alta qualità, aggiornati e sicuri possono:

- guidare le squadre di soccorso in località colpite da catastrofi naturali;
- migliorare l'uso del suolo in agricoltura;
- rendere più sicure le infrastrutture di trasporto ed energetiche.

I Programmi spaziali faro dell'UE sono:

- Copernicus: è il più grande fornitore di dati di osservazione della Terra a livello globale. La maggior parte dei dati è disponibile e accessibile a tutti i cittadini e a tutte le organizzazioni del mondo in forma gratuita, completa e aperta. Nel 2022, erano in orbita sette satelliti Copernicus. Inoltre, circa 160.000 utenti registrati al servizio relativo ai cambiamenti climatici di Copernicus hanno avuto accesso a circa 76 terabyte al giorno di dati sul clima, sottoposti a controlli di qualità. Si stima che i benefici derivanti dal programma Copernicus dell'UE raggiungeranno i 35 miliardi di euro entro il 2030.
- Galileo: è il sistema globale di navigazione satellitare (GNSS) europeo è gratuito e il suo servizio globale ad alta precisione, con una precisione di 20 cm, lo rende una soluzione rivoluzionaria per la guida autonoma e i droni commerciali. Nel 2022, erano in orbita 28 satelliti Galileo e si contavano circa 3,8 miliardi di dispositivi compatibili in uso. Si stima che i programmi Galileo ed EGNOS connessi all'UE genereranno benefici socioeconomici compresi tra 60 e 90 miliardi di euro nei prossimi 20 anni.
- EGNOS: è il sistema regionale europeo di potenziamento basato su satelliti e opera in oltre 400 aeroporti e piazzole di atterraggio per elicotteri. EGNOS è stato realizzato per offrire servizi di navigazione per la sicurezza della vita umana al settore dell'aviazione ed è un'applicazione di supporto per i settori marittimo, ferroviario, agricolo e stradale.

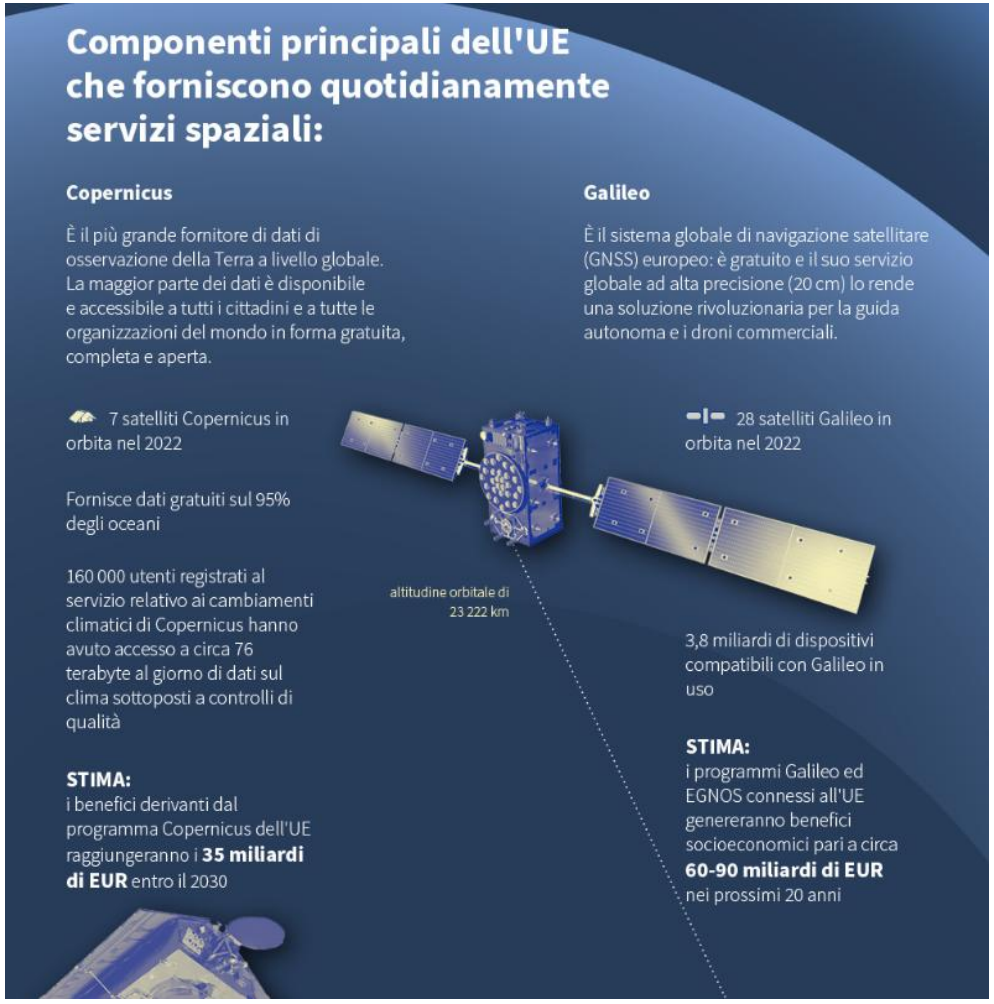




Figura 1. I traguardi dell'UE nel settore spaziale. Credits to Unione europea, 2023 (https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/eu-in-space/#0)

Il settore spaziale dell'Unione Europea, come mostrato in Figura 2, rappresenta dunque un ambito in forte espansione, sostenuto da un significativo impegno finanziario e da una crescita costante dell'occupazione e del mercato. Per il periodo 2021-2027, il bilancio dell'UE destinato allo sviluppo del settore spaziale prevede una programmazione finanziaria di 1,44 miliardi di euro, a cui si aggiungono contributi provenienti da altri paesi ed entità per un valore di 0,22 miliardi di euro.

Nel 2022, l'economia spaziale dell'UE ha registrato un incremento rilevante, con un'occupazione diretta nel settore che ha raggiunto 57.822 equivalenti a tempo pieno (ETP), segnando un aumento dell'8% rispetto agli anni precedenti. Parallelamente, l'industria spaziale europea ha generato vendite per un totale di

8,25 miliardi di euro, confermandosi un pilastro strategico per l'innovazione tecnologica e la competitività economica dell'Unione.

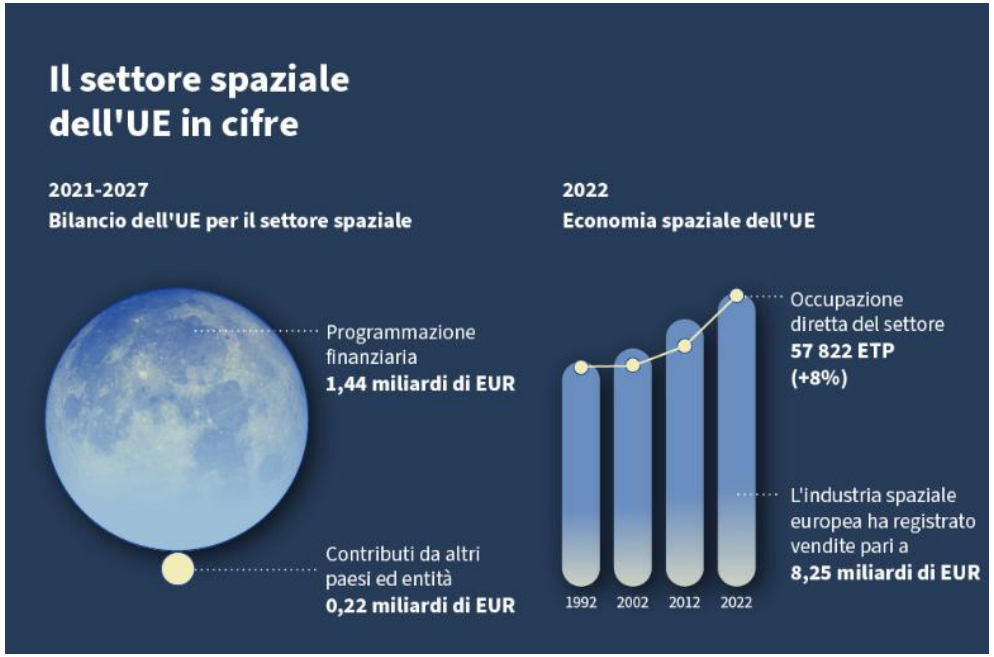


Figura 2. Il settore spaziale dell'UE in cifre. Credits to Unione europea, 2023 (https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/eu-in-space/#0)

Più in dettaglio, le tecnologie spaziali sono già ampiamente utilizzate in diversi ambiti, contribuendo in modo significativo allo sviluppo scientifico, economico e sociale. Nel campo della ricerca e sviluppo, l'uso delle infrastrutture spaziali consente di esplorare nuove frontiere della conoscenza, favorendo l'innovazione e il progresso tecnologico.

Nel settore delle comunicazioni e dell'economia digitale, i satelliti giocano un ruolo fondamentale nella connettività globale, supportando l'utilizzo di smartphone, le comunicazioni satellitari e l'Internet delle cose, rendendo possibili connessioni sempre più rapide e affidabili.

Le tecnologie spaziali sono essenziali anche per il monitoraggio dei cambiamenti climatici e dello stato dell'ambiente, permettendo una gestione più efficiente delle risorse idriche, il controllo della qualità dell'aria e l'analisi dello strato di ozono, con impatti diretti sulla tutela del pianeta e sulla sostenibilità.

Nel settore della ricerca e del soccorso, i sistemi satellitari facilitano operazioni di emergenza in mare, montagna e aree urbane, migliorando la capacità di risposta e riducendo i tempi di intervento in situazioni critiche.

I trasporti e il traffico beneficiano delle tecnologie spaziali grazie ai sistemi di navigazione avanzati, che garantiscono un atterraggio più sicuro dei velivoli, aumentano la sicurezza stradale e ottimizzano la gestione del traffico su scala globale.

La sicurezza e la difesa si affidano sempre più ai satelliti per la sorveglianza marittima e il controllo delle frontiere, assicurando un monitoraggio costante e un'efficace gestione della sicurezza nazionale e internazionale.

Anche l'agricoltura e la pesca traggono vantaggio dall'uso delle tecnologie spaziali attraverso l'agricoltura di precisione, che ottimizza lo sviluppo delle colture e permette un monitoraggio accurato della siccità e degli stock ittici, migliorando la sostenibilità e la produttività.

Infine, i sistemi spaziali svolgono un ruolo cruciale nel monitoraggio delle catastrofi naturali e nella gestione delle emergenze, consentendo di prevedere e rispondere tempestivamente a eventi come terremoti, incendi boschivi e inondazioni, riducendo l'impatto sui territori e sulle popolazioni coinvolte.



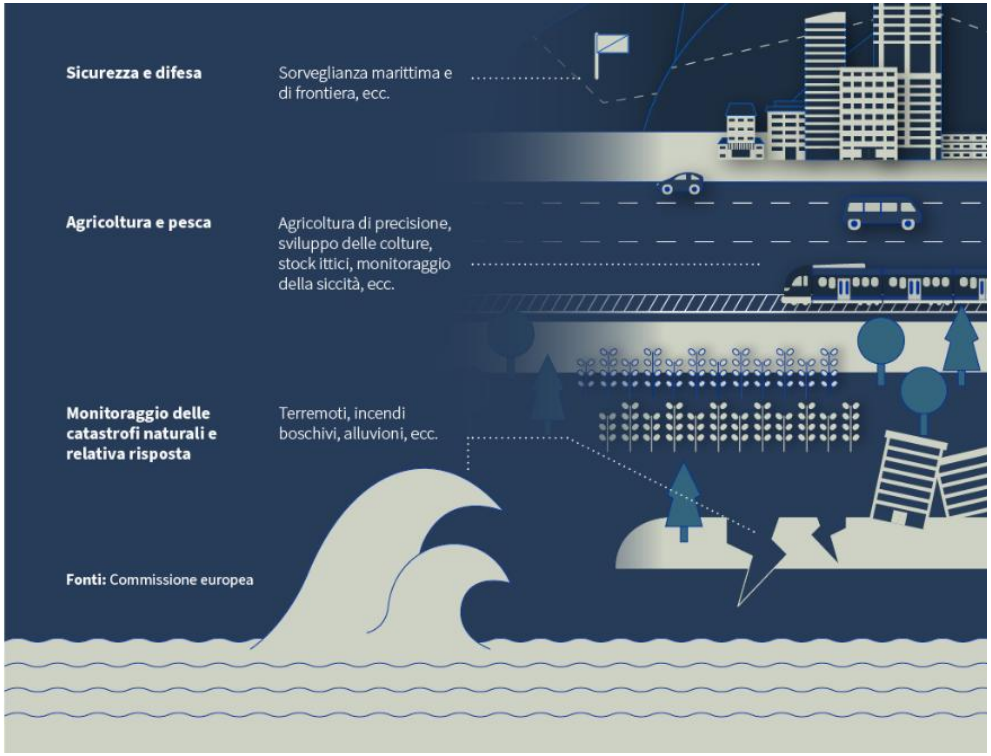


Figura 3. Utilizzo delle tecnologie spaziali. Credits to Unione europea, 2023 (https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/eu-in-space/#0)

A che punto siamo in Italia?

Secondo il report "La Space Economy italiana: un potenziale stellare da cogliere" di Benedetti e altri, l'industria dello spazio in Italia rappresenta un settore strategico per il futuro, costituita da molteplici filiere interconnesse che coprono tutte le fasi, dall'upstream al downstream, e coinvolgono numerosi e svariati settori, dagli apparecchi elettrici, alla meccanica strumentale, fino a settori che beneficiano del segmento spazio per ottenere incrementi in termini di produttività e di sostenibilità, come per esempio l'agricoltura e i trasporti.

In questi sistemi spaziali, l'Intelligenza Artificiale è sempre più integrata, migliora la velocità e la qualità delle immagini che giungono dallo spazio e ne semplifica e potenzia l'analisi e permette avanzamenti scientifici in tempi più rapidi, con evidenti effetti positivi sull'intera economia. Anche per questo motivo gli investimenti in innovazione e digitalizzazione sono la chiave per mantenere e rafforzare la competitività e la sicurezza nazionale.

Purtroppo, però la strada è ancora lunga, ma affinché si possano cogliere le tante occasioni che il settore offre le imprese italiane devono far leva sull'eccellenza tecnologica, sull'alta qualità e professionalità della forza lavoro e sulla capacità di fare filiera. Per farlo è necessario semplificare le numerose modalità d'accesso al credito per poter realizzare gli investimenti, in particolare per le imprese di piccola e media dimensione e per le tante start up che caratterizzano il settore, e fare formazione.

L'evoluzione continua delle tecnologie e delle dinamiche commerciali – dalla miniaturizzazione dei satelliti alla diffusione dei micro-lanciatori – renderà economicamente sostenibili le operazioni spaziali. Un ruolo sempre più rilevante sarà svolto dall'Intelligenza Artificiale, che migliorerà la velocità e la qualità dell'analisi delle immagini trasmesse dallo spazio alla Terra. Integrata direttamente a bordo dei satelliti, l'IA riducerà la quantità di dati da trasferire e conservare, ottimizzando la gestione autonoma di numerose operazioni satellitari e favorendo l'impiego della robotica nelle esplorazioni spaziali, riducendo così l'intervento umano. L'IA supporterà anche la progettazione e il collaudo dei veicoli spaziali, migliorandone le prestazioni in condizioni diverse, e contribuirà alla sicurezza grazie a algoritmi avanzati che rafforzano la difesa contro le minacce di cybersecurity. Le tecnologie spaziali potranno essere utilizzate in diverse applicazioni trasversali: nella gestione responsabile delle risorse, nella riduzione dell'impronta carbonica, nell'assistenza sanitaria e farmaceutica (favorendo la ricerca e lo sviluppo di nuovi farmaci), nella produzione di semiconduttori e biotecnologie (anche tramite la stampa 3D), e nei servizi assicurativi, finanziari, logistici e di trasporto.

Dagli Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano

Nel report dell'Osservatorio Space Economy – Osservatori Digital Innovation del Politecnico di Milano del 2024 "La Space Economy in Italia: punti di forza e di attenzione del contesto italiano" in collaborazione con il Cluster Tecnologico Aerospazio (CTNA) è stata presentata un'analisi della filiera spaziale italiana volta a caratterizzarne lo status quo, i trend evolutivi, i punti di forza e di debolezza.

In Italia, sono aumentati gli investimenti privati da parte di aziende e venture capital che hanno sostenuto la crescita di nuove realtà imprenditoriali contribuendo a far emergere una varietà di sevizi: dalla comunicazione satellitare all'Osservazione della Terra, passando per la navigazione satellitare. Questo fenomeno segna un cambiamento significativo seppur ancora nelle sue fasi iniziali. Difatti, solo il 10% delle grandi aziende End-User italiane si sta interessando o ha avviato prime iniziative legate alla Space Economy, mentre il restante 90% dichiara di non conoscere il tema o di non percepirlo come interesse, come mostra in Figura 4. In particolare, se il 40% delle aziende dichiara di non conoscere il concetto di Space Economy, un 36% dichiara di non ritenerlo un team che si concretizzerà in reali opportunità per il proprio business o settore, mentre il 14% lo considera un tema rilevante ma su cui è troppo prematuro investire.

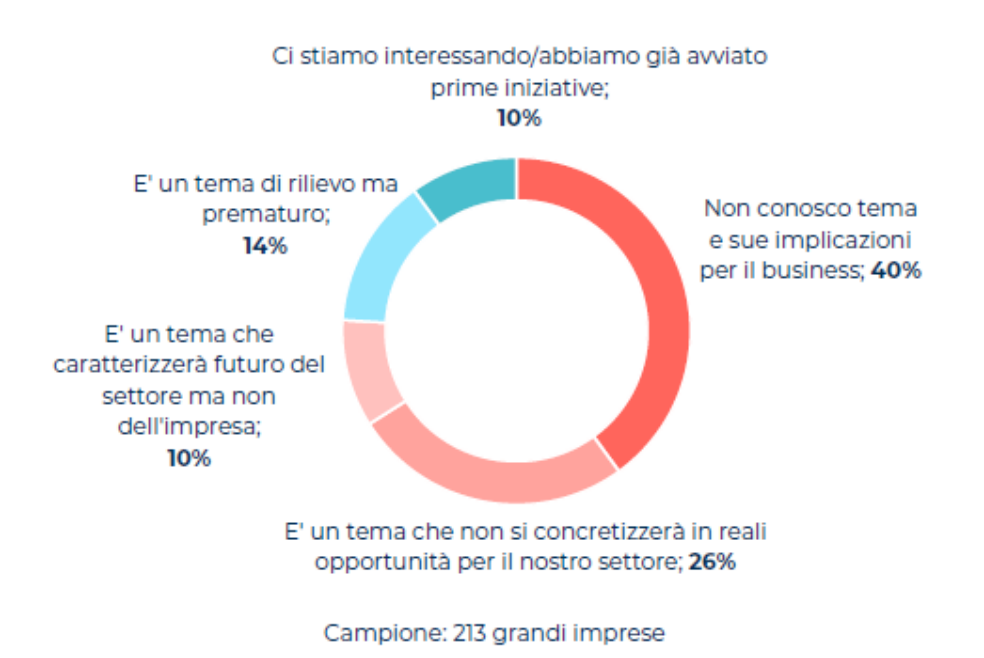


Figura 4. Il livello di conoscenza delle grandi imprese End-User italiane (credits: Osservatorio Space Economy 2024, Politecnico di Milano - www.osservatori.net)

Ponendo l'attenzione sulle aziende che guardano con interessa alla Space Economy, la spinta principale ad investire è stata l'esigenza di allinearsi con le aspettative digitali dei clienti (45%). Si ritrova dunque nella tecnologia spaziale un contributo per riuscire a soddisfare i propri clienti: combinare la disponibilità di immagini satellitari con tecnologie digitali avanzate si configura già come un elemento utile a erogare servizi differenziali e a valore aggiunto per i propri clienti. L'obiettivo primario perseguito è l'ottimizzazione delle attività di business, che si articola in due aspetti: l'efficienza interna, intesa come il miglioramento di

specifiche attività o processi, e l'efficienza esterna, focalizzata sulla fornitura di prodotti e servizi di maggiore qualità sul mercato. Tuttavia, l'allargamento graduale della Space Economy verso nuovi settori procede con bassi tassi di crescita, influenzato da alcune criticità legate all'implementazione di tali progetti. Le aziende stesse identificano tre elementi chiave da monitorare: i costi elevati, la carenza di figure professionali qualificate e la difficoltà nell'integrare le tecnologie spaziale con il resto dell'infrastruttura aziendale.

Da queste prime evidenze emerge in modo chiaro la necessità di trovare nuovi canali e linguaggi di comunicazione per rappresentare le opportunità e i benefici della Space Economy verso attori che operano in comparti differenti, attraendo così non solo nuove aziende ma anche nuovi talenti che possano contribuire a colmare il fabbisogno di figure professionali in grado di concepire e sviluppare nuovi servizi e applicazioni da offrire a settori economici ad oggi non interessati alla Space Economy.

La mancanza di competenze emerge come barriera anche rispetto alla capacità di attivare e sviluppare collaborazioni per l'avvio di nuovi progetti o servizi. Tra coloro che già oggi si stanno interessando alla Space Economy, difatti, solo il 16% dichiara di non aver avuto bisogno di collaborare con altri attori. Tra gli attori con cui si instaura una collaborazione, emerge soprattutto la necessità di identificare un intermediario (67%) – come società di consulenza, system integrator o service provider – che sia in grado di fungere da ponte tra l'Upstream e l'utente finale.

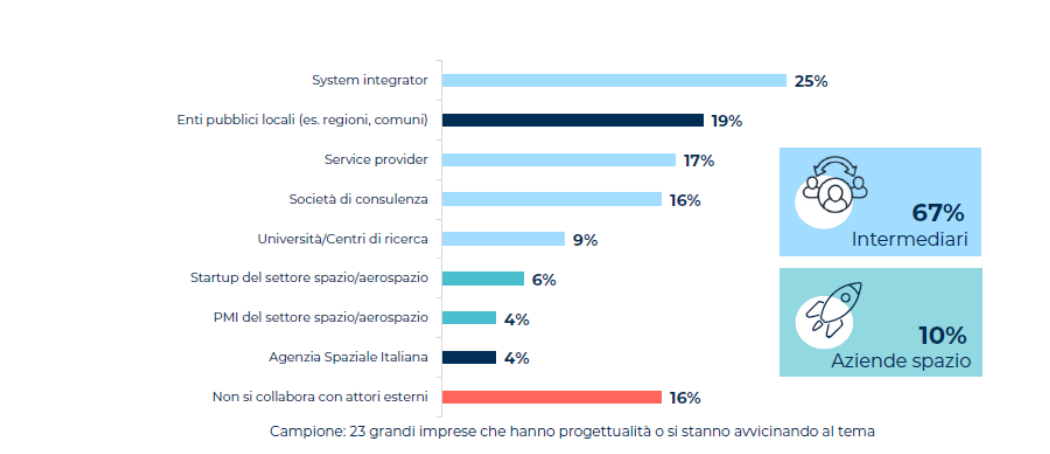


Figura 5. Le collaborazioni strette in fase di avvio del progetto (credits: Osservatorio Space Economy 2024, Politecnico di Milano - www.osservatori.net)

Emerge dunque uno scenario dal potenziale ancora in larga parte inesplorato, ma che ci permette di guardare con ottimismo al futuro. Anche tra coloro che oggi non conoscono la Space Economy o non la percepiscono come un'opportunità, uno su tre dichiara interessa verso una o più progettualità basata su tecnologie spaziali: tracciamento merci, gestione flotte, connettività in luoghi remoti e monitoraggio del territorio sono gli ambiti applicativi maggiormente segnalati.

Space economy: quali casi d'uso?

Il campo della space economy è vastissimo: le attività legate all'esplorazione e all'uso dello spazio sono molte e hanno forte potenziale economico e sociale, in prospettive sia a breve sia a lungo termine. L'interesse intorno al settore è in forte crescita: gli investimenti aumentano, sia da parte di privati sia da realtà istituzionali come l'Unione Europea. In ambito europeo programmi chiave come Copernicus, Galileo ed EGNOS ne accelerano lo sviluppo.

Le tecnologie spaziali supportano comunicazioni globali, monitoraggio ambientale, sicurezza, agricoltura di precisione, gestione dei trasporti e risposta alle emergenze, contribuendo all'innovazione e alla sostenibilità. In Italia sono presenti diversi esempi di eccellenze tecnologiche, che potranno essere leve cruciali per la competitività futura del settore.

Abbiamo mappato alcuni esempi virtuosi di realtà, piccole e grandi, che utilizzano le nuove tecnologie (Big Data, Supercalcolo, Intelligenza Artificiale) in ambito space economy. Ringraziamo in particolare **Obloo Ventures e Galaxia – Polo Nazionale di Trasferimento Tecnologico dell'Aerospazio** per averci fornito numerosi casi d'uso di aziende e start-up italiane che eccellono nel settore.

Nei paragrafi seguenti, presentiamo alcuni casi d'uso, evidenziando:

- abstract del progetto;
- benefici attesi e/o obiettivi del progetto;
- tecnologia utilizzata nel progetto.

Per condividere nuovi casi d'uso, si può compilare il form al seguente link: https://forms.office.com/e/6ZNCp04rUW .

Grab anything: soluzioni di grasping per lo spazio

Adaptronics ha sviluppato una membrana elastomerica multifunzionale, denominata Electro Active Adhesive Layer (EAAL), che funziona come attuatore e può essere applicata come rivestimento su mani robotiche e macchinari automatici. Questo dispositivo, basato su adesione elettrostatica, permette a robot e sistemi automatizzati di afferrare e manipolare oggetti con una versatilità, destrezza ed efficienza energetica senza precedenti, supportando fino a 50 kg con due patch delle dimensioni di una carta di credito.

L'adozione di questa tecnologia punta a soddisfare la crescente domanda di servizi in orbita e assemblaggio satellitare, stimolata dall'aumento dei lanci di satelliti. L'obiettivo principale è fornire soluzioni di grasping affidabili, flessibili ed efficienti, essenziali per le operazioni robotiche nello spazio, migliorando al contempo la gestione dei materiali in ambito industriale grazie a una riduzione significativa del consumo energetico.

Il progetto utilizza la tecnologia di adesione elettrostatica tramite l'EAAL, sviluppata internamente da Adaptronics. Questo dispositivo rappresenta un'alternativa innovativa alle tecnologie tradizionali come l'aspirazione a vuoto e l'adesione magnetica, offrendo prestazioni superiori in termini di forza, efficienza e adattabilità. La sua capacità di sollevare carichi elevati con un consumo energetico ridotto (circa un decimo rispetto alle soluzioni attuali) lo rende ideale per le applicazioni di servicing in orbita e per l'automazione industriale in generale..

adaptronics
Grab Anything.

https://www.adaptronics.it/

Magic: produzione satellitare as a service

MA61C (MAGIC) è un connettore intelligente universale che offre Modularity-as-a-Service per la produzione satellitare. Questo sistema rileva automaticamente i dati in ingresso, scansiona le connessioni e instrada o converte i dati tra interfacce diverse senza necessità di interventi manuali o personalizzazioni hardware. La soluzione risponde all'esigenza di ridurre costi e tempi di sviluppo, favorendo l'uso di componenti COTS flessibili e riconfigurabili per missioni satellitari diversificate.

L'obiettivo di MA61C è supportare l'industria spaziale nell'era del "Fast Space", accelerando i cicli di sviluppo e riducendo i costi complessivi. L'adozione di questa tecnologia permette di risparmiare fino al 50% sui costi di progettazione, il 30% sui costi di produzione e di abbreviare di un anno i tempi di integrazione, rispondendo alla crescente domanda di servizi commerciali rapidi da costellazioni satellitari.

Il progetto si basa sul connettore universale brevettato MA61C di SPiN, che sfrutta l'intelligenza integrata per la gestione automatica dei dati tra moduli satellitari. La compatibilità con più dell'80% dei fornitori di componenti esistenti rende questa tecnologia estremamente versatile, favorendo la modularità e la standardizzazione nelle piattaforme satellitari, e contribuendo alla riduzione di costi e tempi di assemblaggio, integrazione e test.

SPiN
Simplify Space Manufacturing
https://www.spinintech.com/

Monitorare la superficie terrestre attraverso radar satellitari: Titan4

Titan4 ha sviluppato una piattaforma automatica, veloce e intuitiva per il monitoraggio della sicurezza e della salute strutturale delle infrastrutture critiche. Utilizzando immagini radar satellitari INSAR, la piattaforma permette di monitorare in tempo quasi reale i movimenti millimetrici della superficie terrestre e valutare lo stato delle infrastrutture pubbliche e private, semplificando l'accesso ai dati satellitari senza la necessità di esperti dedicati.

L'obiettivo è rendere il monitoraggio strutturale e della sicurezza delle infrastrutture accessibile, veloce ed economico, superando i limiti di costo e competenze richiesti dall'analisi dei dati satellitari tradizionali. Si punta a offrire un servizio automatizzato che supporta enti pubblici, aziende e operatori privati nel monitoraggio continuo e nella prevenzione di rischi.

Il progetto utilizza una piattaforma software proprietaria basata su intelligenza artificiale, che elabora immagini INSAR provenienti da Copernicus e altre costellazioni satellitari. La tecnologia consente un monitoraggio millimetrico della superficie terrestre e integra servizi di remote sensing, abbonamenti SaaS e integrazione B2B tramite API, ad esempio con strumenti BIM, per un controllo accurato e automatizzato delle infrastrutture.

TITAN4

https://www.titan4.it/

Tecnologie quantistiche per migliorare le prestazioni dei satelliti: il caso di Rotonium

Rotonium sta sviluppando dispositivi quantistici che consentono la produzione di computer quantistici compatti, a basso consumo, scalabili e operanti a temperatura ambiente per aprire nuove opportunità per l'ambiente e l'economia.

Nasce in risposta alla crescente necessità di elaborare grandi quantità di dati in orbita, fornendo ai satelliti dispositivi ad alte prestazioni sostenibili, compatti, economici e semplici da gestire. Rotonium mira a superare i limiti dei computer quantistici tradizionali, offrendo acceleratori quantistici modulari e facilmente integrabili.

Il progetto si basa su una Photon Quantum Processing Unit che sfrutta le proprietà dell'Orbital Angular Momentum (OAM) dei fotoni per la trasmissione dei dati, garantendo una larghezza di banda maggiore e una migliore immunità al segnale. Questa soluzione riduce dimensioni e costi, consuma poca energia, è scalabile e funziona a temperatura e pressione ambiente.

Rotonium

https://www.rotonium.com/

SolarCube: fornire energia con efficienza per missioni nello spazio

FRET - Flexible Reinforced Electronics Textile è un tessuto elettronico flessibile rinforzato che utilizza materiali Nomex® combinati con PCB rigido-flessibili per creare strutture leggere dispiegabili. La prima applicazione, SolarCube, è un pannello fotovoltaico innovativo che offre livelli di potenza più elevati con volume e peso ridotti per le missioni spaziali.

L'obiettivo di SolarCube è rispondere alla crescente domanda di energia nelle missioni spaziali, offrendo una soluzione efficiente per applicazioni ad alto consumo energetico come missioni nello spazio profondo, comunicazioni e applicazioni laser. SolarCube promette un aumento fino al 200% della produzione di energia a parità di peso e una riduzione del 30% del peso a parità di volume, abbassando i costi di lancio e abilitando nuovi payload ad alta potenza e servizi di edge computing.

Il progetto utilizza la tecnologia FRET, che integra materiali tessili avanzati Nomex® e PCB rigido-flessibili, consentendo la realizzazione di pannelli solari dispiegabili. Questa tecnologia garantisce una struttura leggera e resistente, aumentando l'efficienza e l'affidabilità dei pannelli solari per applicazioni spaziali.

Astradyne

https://www.astradyne.space/

Gestire e sorvegliare il traffico spaziale: l'esperienza di Arca Dynamics

Arca Dynamics ha sviluppato un servizio di gestione e sorveglianza del traffico spaziale basato su un'architettura brevettata che utilizza algoritmi avanzati per elaborare dati provenienti da una telecamera ottica e un sensore RF passivo. L'azienda prevede di lanciare una costellazione iniziale proprietaria di CubeSat, in grado di monitorare e tracciare oggetti in orbita terrestre di dimensioni comprese tra 1 e 30 cm.

L'obiettivo di Arca Dynamics è affrontare la crescente minaccia rappresentata dai detriti spaziali, offrendo un servizio in tempo reale per la rilevazione, monitoraggio e tracciamento di asset spaziali. Il servizio supporta analisi avanzate dei rischi e valutazioni di responsabilità, contribuendo a migliorare la sicurezza delle operazioni spaziali e riducendo il rischio di collisioni.

Il progetto sfrutta una combinazione di sensori ottici e RF passivi, insieme ad algoritmi proprietari, per fornire un monitoraggio continuo e preciso degli oggetti in orbita. La tecnologia sviluppata da Arca Dynamics è in grado di rilevare e tracciare oggetti di dimensioni fino a 1 cm, sia di giorno che di notte, garantendo un servizio affidabile e innovativo per la gestione del traffico spaziale.

ARCA DYNAMICS

https://www.arcadynamics.space/

LunaDrone: un sistema di esplorazione per il suolo lunare

Evolunar ha sviluppato LunaDrone, un sistema di esplorazione aerea a basso costo e leggero per missioni nello spazio profondo, progettato per monitorare superfici difficili e crateri lunari non accessibili ai rover. Il drone è facilmente integrabile nei sistemi di trasporto spaziale e rappresenta una soluzione innovativa per l'esplorazione lunare.

L'obiettivo di LunaDrone è supportare la futura colonizzazione della Luna, esplorando crateri e tubi di lava che potrebbero ospitare la prima città lunare entro il 2040. Evolunar punta a fornire un sistema autonomo per l'esplorazione lunare, permettendo missioni senza bisogno di guida esterna e facilitando l'accesso a luoghi inesplorati e strategici per lo sviluppo di infrastrutture lunari.

Il progetto si basa su un sistema di navigazione autonomo che elimina la necessità di guida esterna, garantendo il controllo completo della missione. Il serbatoio del propellente funge da elemento strutturale principale anti-sloshing e integra quattro gambe per l'atterraggio su terreni lunari. Questa tecnologia rende LunaDrone una soluzione innovativa e affidabile per l'esplorazione e la raccolta di dati sul suolo lunare.

Evolunar

https://www.evolunar.com/

Accesso rapido e veloce allo spazio: HyperDart

FAST Aerospace ha sviluppato HyperDart, un lanciatore orizzontale ipersonico che offre un accesso rapido, economico e flessibile allo spazio per SmallSats. La soluzione si distingue per l'uso di un velivolo ipersonico riutilizzabile come primo stadio, abbinato a un missile di seconda fase per il rilascio del carico utile in orbita.

L'obiettivo di HyperDart è ridurre drasticamente i costi di lancio (fino a 10.000 Euro/kg) e i tempi di attesa per le aziende che operano con piccoli satelliti, superando i limiti delle attuali opzioni di rideshare. Il sistema elimina la necessità di infrastrutture complesse e permette lanci diretti da Europa continentale, accelerando l'accesso allo spazio per il settore degli SmallSats.

Il progetto utilizza un'architettura stratolaunch composta da un velivolo autonomo ipersonico (primo stadio) con motori turbofan e ramjet sequenziali, in grado di raggiungere Mach 5, e da un razzo di seconda fase per il trasporto del payload in orbita. La tecnologia di HyperDart combina riutilizzabilità, efficienza e velocità, offrendo una soluzione innovativa per il microlancio di satelliti in orbita bassa.

https://www.fast-aerospace.com/

Supportare le attività umane oltre la Terra: la piattaforma di Kurs Orbital

Kurs Orbital ha sviluppato una piattaforma brevettata di rendezvous e docking che si basa sul concetto cinematico della piattaforma sovietica utilizzata sulla stazione spaziale MIR, completamente riprogettata con una combinazione unica di computer vision, radar e telemetria laser. Il sistema garantisce piena autonomia, capacità di aggancio con oggetti spaziali in rotazione, manovre precise e risposta rapida alle emergenze durante l'attracco.

L'obiettivo di Kurs Orbital è supportare le operazioni di servizio in orbita, comprese ispezioni, estensione della vita operativa, riposizionamento e de-orbiting di satelliti, anche non cooperativi. Il sistema offre piena autonomia da 30 km in GEO e 3 km in LEO, eliminando la necessità di interventi manuali da terra e di attacchi standardizzati sugli oggetti da servire, garantendo così flessibilità ed efficienza.

Il progetto utilizza un'architettura avanzata che integra computer vision, radar e telemetria laser per il rilevamento e l'aggancio autonomo. Quattro manipolatori robotici consentono di afferrare qualsiasi parte dell'oggetto spaziale, rendendo il sistema versatile e adattabile alle esigenze delle operazioni di servizio in orbita.

orbital
KURS

https://kursorbital.com/

Satelliti economici, sostenibili, riutilizzabili: l'esperienza di Space Frontier

Space Frontier ha sviluppato il primo propellente solido per motori a razzo ibridi basato su bioplastica PLA (acido polilattico), stampato in 3D e adattabile in densità e forma in base alle esigenze della missione. Questa tecnologia rende i motori ibridi economici, non esplosivi, scalabili e ad alte prestazioni, offrendo una soluzione sostenibile e flessibile per l'accesso allo spazio.

L'obiettivo di Space Frontier è rispondere alla crescente domanda di microlanciatori per piccoli satelliti e costellazioni, offrendo un sistema di propulsione ibrida sostenibile e competitivo. La tecnologia sviluppata supporta l'evoluzione del settore verso il riutilizzo, l'efficienza e la sostenibilità, contribuendo anche alle attività di servicing in orbita come il rifornimento e la manutenzione dei satelliti.

Il progetto utilizza un propellente a base di bioplastica PLA, prodotto tramite stampa 3D, che consente di variare densità e forma per ottimizzare le prestazioni. Questa innovazione supera i limiti dei motori ibridi tradizionali, offrendo una soluzione sicura, economica e versatile, capace di alimentare diverse piattaforme spaziali e supportare le future esigenze del mercato della propulsione spaziale.

SPACE FRONTIER

https://spacefrontier.eu/

Materiali leggeri e ad alte prestazioni per l'aerospaziale: AddyX

Addyx ha sviluppato un mandrino brevettato che consente la produzione di componenti compositi in fibra di carbonio più leggeri, mantenendo e migliorando i rapporti rigidità/peso, resistenza/peso e resistenza agli impatti. Il mandrino è espandibile e solubile in acqua, rendendo la produzione di geometrie complesse più efficiente e sostenibile.

L'obiettivo di Addyx è rispondere alla crescente domanda di materiali leggeri e ad alte prestazioni nel settore aerospaziale, riducendo i costi e l'impatto ambientale associati alla produzione di componenti in fibra di carbonio. La tecnologia mira a migliorare la scalabilità dell'uso di compositi, ottimizzando i processi produttivi e riducendo il peso complessivo dei veicoli spaziali, con conseguenti risparmi sui consumi di carburante e sui costi delle missioni.

Il progetto utilizza mandrini brevettati in polimero espandibile e solubile in acqua, che riproducono la geometria interna del componente da realizzare, facilitando la produzione di materiali compositi cavi. Inoltre, Addyx ha sviluppato una struttura esoscheletrica a reticolo in fibra di carbonio, ottimizzata topologicamente per garantire un'elevata efficienza strutturale e di carico, rappresentando una soluzione innovativa e performante per l'industria aerospaziale.

AddyX

https://www.addyx.it/

Sistemi energetici in ambienti estremi: il supercondensatore di Novac

Novac ha sviluppato un supercondensatore modellabile progettato per essere integrato in materiali compositi come la fibra di carbonio. Questa soluzione di accumulo energetico avanzata offre una fornitura di potenza superiore, maggiore sicurezza e ottimizzazione dello spazio, rendendola ideale per applicazioni ad alte prestazioni nei settori aerospaziale, automobilistico e marittimo.

L'obiettivo di Novac è rispondere alla crescente domanda di sistemi energetici capaci di operare in ambienti estremi, migliorando la gestione della potenza durante operazioni critiche come lanci e dispiegamento di antenne per satelliti, e supportando la gestione energetica nei veicoli elettrici. Il supercondensatore estende la vita delle batterie, riduce il peso complessivo dei sistemi e migliora le prestazioni grazie alla gestione efficiente dei picchi di potenza.

Il progetto utilizza supercondensatori in formato pouch con alta densità energetica, un Current Collector Universale (UCC) che ottimizza il flusso di elettroni e un elettrolita solido Poresel, processabile come un elettrolita liquido ma solidificato al termine del processo produttivo. Queste tecnologie avanzate garantiscono prestazioni elevate, flessibilità e affidabilità, aprendo nuove opportunità per il settore aerospaziale, dei veicoli elettrici e oltre.

novac

https://www.novacsupercap.com/

Le tecnologie abilitanti per la space economy nel Centro Nazionale di Ricerca in HPC, Big Data e Quantum Computing

Il Centro Nazionale di Ricerca in HPC, Big Data e Quantum Computing affronta il tema della space economy in uno Spoke dedicato, ossia lo Spoke 2 di ICSC – Fundamental Research & Space Economy. Lo Spoke 2, coordinato da Sandra Malvezzi (INFN), Tommaso Boccali (INFN) e Antonio Stamerra (INAF), si pone diversi obiettivi fondamentali.



Figura 6. Logo dello Spoke ICSC capofila dei progetti in ambito Space Economy.

Il primo riguarda lo sviluppo di di calcolo scalabili ed efficienti per la ricerca fondamentale. Questo include la progettazione e il testing di infrastrutture di calcolo che siano adatte sia agli esperimenti già esistenti che a quelli futuri, con particolare attenzione al miglioramento dell'efficienza energetica. Un aspetto cruciale di questo obiettivo è anche facilitare l'accesso alle risorse di calcolo, indipendentemente dal fatto che siano gestite dal Centro Nazionale o da altre fonti.

Il secondo obiettivo centrale è la promozione del trasferimento tecnologico. Lo Spoke si propone di condividere le conoscenze e le tecnologie sviluppate nella ricerca di base con i settori produttivi, favorendo così lo sviluppo di applicazioni di interesse nazionale in ambito economico e industriale. In questo contesto, particolare rilevanza viene data alle collaborazioni con il settore della Space Economy, specialmente attraverso il programma Mirror Copernicus.

Infine, lo Spoke mira a favorire la condivisione interdisciplinare. Questo significa condividere gli algoritmi e le soluzioni computazionali con altri domini scientifici del Centro Nazionale, promuovendo un avanzamento scientifico che sia veramente trasversale. L'obiettivo ultimo è mettere a disposizione i risultati per il sistema Italia attraverso attività di disseminazione e trasferimento tecnologico, creando così un impatto significativo sull'intero ecosistema scientifico e tecnologico nazionale.

In questo report presentiamo alcuni progetti, finanziati da ICSC, che toccano il tema della space economy (sia upstream sia downstream) e stanno venendo realizzati in partnership tra le aziende, le università e gli istituti di ricerca afferenti al Centro Nazionale. Ne riassumiamo gli obiettivi e il concept alla base, dando anche una vista su come la piattaforma abilitante del Centro Nazionale sia un punto di partenza per progetti così diversi ma accomunati dalla necessità di individuare solide fonti di dati, forme di raccolta e analisi di dati, di costruire modelli basati su questi dati e dall'effettuare analisi che ne valorizzino la quantità e varietà, con un impatto trasformativo sul settore.

Ottimizzazione quantistica per lo spazio: il progetto ACAT

Nel settore spaziale e delle telecomunicazioni, molte sfide cruciali possono essere inquadrate come problemi di ottimizzazione combinatoria: si tratta di trovare la migliore soluzione tra un numero enorme di possibili combinazioni. I metodi tradizionali funzionano bene quando la complessità è limitata, ma mostrano i loro limiti di fronte a sistemi sempre più articolati.

Il progetto Approaches to Scale up Quantum Optimization Algorithms for Industrial Aerospace & Telecommunication applications - ACAT, coordinato da Thales Alenia Space Italia in collaborazione con Leonardo, Università di Bologna e Università di Padova, si propone di esplorare le potenzialità del calcolo quantistico per superare questi limiti.

Il progetto si concentra su due ambiti principali: la pianificazione delle missioni per l'osservazione satellitare della Terra e l'ottimizzazione delle reti di antenne in scenari complessi, come le situazioni di emergenza. Questi problemi, apparentemente distinti, condividono una base matematica comune nel campo dell'ottimizzazione combinatoria, che li rende ideali per l'applicazione di algoritmi quantistici innovativi. Con l'avvento delle mega-costellazioni di satelliti e delle reti di antenne sempre più estese, la complessità combinatoria di questi problemi cresce esponenzialmente, rendendo necessarie nuove soluzioni computazionali.

ACAT unisce l'esperienza di Thales Alenia Space nella realizzazione di satelliti per l'osservazione terrestre, il know-how di Leonardo nel settore aerospaziale e della difesa, e le competenze accademiche delle Università di Padova e Bologna nella modellazione quantistica. Questa sinergia permetterà di identificare e sviluppare gli approcci quantistici più promettenti per affrontare problemi combinatori complessi.

L'impatto atteso del progetto è significativo: le soluzioni sviluppate permetteranno una gestione più efficiente delle costellazioni di satelliti e delle reti di telecomunicazione, con benefici diretti per servizi come l'osservazione terrestre e le comunicazioni di emergenza. Questo rappresenta un passo importante verso l'adozione di tecnologie quantistiche in applicazioni spaziali concrete, rafforzando la posizione dell'Italia nel settore della space economy.

ThalesAlenia Space
a Thales / Leonardo company

LEONARDO

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Gemelli digitali per i satelliti: il progetto HDTS

Nel settore spaziale, monitorare e prevedere il comportamento dei satelliti durante la loro vita operativa è fondamentale per garantirne l'efficienza e la longevità.

Il progetto Hybrid Digital Twin for Satellites - HDTS, coordinato da Thales Alenia Space Italia in collaborazione con il Politecnico di Milano, si propone di sviluppare una soluzione innovativa basata sul concetto di "gemello digitale", una replica virtuale che simula il comportamento del satellite reale.

Il progetto, che si inserisce nel più ampio programma ASTRAL dedicato al monitoraggio di sistemi critici attraverso l'intelligenza artificiale, combina due approcci complementari: modelli basati sulla fisica del sistema e algoritmi guidati dai dati. Questa metodologia ibrida permette di creare gemelli digitali più accurati e affidabili, in grado di descrivere le dinamiche del sistema e identificare potenziali anomalie.

Una caratteristica distintiva di HDTS è l'utilizzo dei dati di telemetria generati dalle unità di bordo del satellite. Questi dati vengono integrati nei modelli fisici per considerare le reali condizioni operative e il possibile degrado funzionale e prestazionale causato dall'ambiente spaziale nel corso del tempo. Questo approccio permette di sviluppare capacità di diagnostica predittiva sempre più precise.

A livello di impatto atteso, i gemelli digitali sviluppati permetteranno di anticipare e prevenire possibili malfunzionamenti, ottimizzare la manutenzione dei satelliti e prolungarne la vita operativa. Questo si traduce in una maggiore affidabilità delle infrastrutture spaziali e in una gestione più efficiente delle risorse, contribuendo alla competitività dell'industria spaziale italiana.

ThalesAlenia Space
a Thales / Leonardo company

POLITECNICO MILANO 1863

Un data lake per la space economy: il progetto IDL

L'esplorazione spaziale e l'osservazione della Terra generano ogni giorno enormi quantità di dati provenienti sia da satelliti che da strumenti terrestri. Gestire, archiviare e rendere accessibili questi dati in modo efficiente rappresenta una sfida cruciale.

Il progetto Interoperable Data Lake - IDL, coordinato da Leonardo in collaborazione con INAF, INFN e Thales Alenia Space Italia, si propone di creare un innovativo servizio di "data lake" per affrontare questa sfida.

Il progetto mira a sviluppare un archivio distribuito e interoperabile basato su tecnologie aperte di ultima generazione, che supporti sia la ricerca scientifica che le applicazioni industriali. IDL affronta le sfide tipiche dei big data spaziali su più fronti: dalla gestione e archiviazione dei dati, alla loro identificazione e accesso, fino alla disponibilità delle risorse di calcolo necessarie per elaborarli.

Un aspetto fondamentale del progetto è l'adozione di standard internazionali FAIR e IVOA per la descrizione e l'accesso ai dati. IDL integra tecnologie all'avanguardia come blockchain e Object Storage, ottimizzate per la gestione efficiente di grandi volumi di dati in ambiente cloud. Particolare attenzione viene dedicata alla sicurezza del sistema, con un'architettura funzionale che garantisce livelli appropriati di protezione nell'accesso ai dati satellitari.

Il progetto prevede anche lo sviluppo di un simulatore in grado di generare set di dati sintetici basati su scenari operativi reali. Questo permetterà di testare e validare gli algoritmi di elaborazione dati e valutare il carico computazionale del sistema.

IDL fornirà alla comunità scientifica e industriale uno strumento potente per accedere e analizzare i dati spaziali in modo efficiente e sicuro, accelerando lo sviluppo di nuove applicazioni e scoperte nel campo dell'osservazione della Terra e dell'esplorazione spaziale.

LEONARDO

ThalesAlenia Space
a Thales / Leonardo company

INAF
ISTITUTO NAZIONALE
DI ASTROFISICA

INFN
Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Processori spaziali di nuova generazione: il progetto RISCV

Nel settore spaziale, la scelta del processore di bordo è cruciale per le prestazioni dei satelliti. L'architettura RISC-V, un'innovativa piattaforma hardware open source, sta emergendo come soluzione promettente in diversi settori industriali, incluso quello spaziale.

Il progetto High Performance RISC-V satellite processor - RISCV, coordinato da Thales Alenia Space Italia in collaborazione con Leonardo e l'Università di Bologna, si propone di esplorare e sviluppare processori ad alte prestazioni basati su questa architettura per applicazioni satellitari.

Il progetto si sviluppa in due fasi principali. Nella prima, dopo un'analisi approfondita dello stato dell'arte, verrà selezionata un'architettura esistente da configurare e ottimizzare per soddisfare i requisiti specifici delle applicazioni di bordo dei satelliti. La seconda fase si concentrerà sul testing attraverso benchmark e lo sviluppo di un caso d'uso rappresentativo, approfondendo aspetti cruciali come il sistema operativo, le librerie e gli strumenti di sviluppo.

RISCV unisce l'esperienza industriale di Thales Alenia Space e Leonardo con le competenze accademiche dell'Università di Bologna nel campo dell'architettura dei processori. Questa collaborazione mira non solo a identificare la migliore architettura hardware basata su RISC-V per le moderne applicazioni spaziali, ma anche a sviluppare il software necessario per sfruttarne appieno le potenzialità.

La transizione verso processori basati su standard aperti rappresenta un passo strategico per il settore spaziale: permetterà di ridurre la dipendenza da soluzioni proprietarie, accelerare l'innovazione e aprire nuove possibilità per le future missioni satellitari. In questo contesto, il progetto RISCV contribuisce a posizionare l'industria spaziale italiana tra i pionieri di questa trasformazione tecnologica.

ThalesAlenia Space
a Thales / Leonardo company

LEONARDO

ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Costellazioni satellitari per infrastrutture resilienti: il progetto RC

I cambiamenti climatici e il conseguente aumento di eventi estremi richiedono nuove soluzioni per proteggere le infrastrutture critiche e gli asset energetici.

Il progetto Reactive and Adaptive Earth Observation space distributed constellations systems: HPC modelling, design optimisation and simulation for energy and critical infrastructures resilience - RC, coordinato da Thales Alenia Space Italia insieme a Leonardo, Politecnico di Milano e Terna, esplora una risposta innovativa a questa sfida: costellazioni di satelliti distribuiti, reattivi e adattivi per l'osservazione della Terra.

Il progetto si concentra sullo sviluppo di un proof of concept attraverso simulazioni avanzate. L'idea è rivoluzionaria: creare sistemi satellitari che non si limitino a osservare, ma reagiscano autonomamente agli eventi, rilevando anomalie e fornendo allerte precoci su fenomeni specifici identificati dagli utenti finali. Questo approccio permette una risposta più rapida e mirata alle minacce che potrebbero compromettere le infrastrutture critiche.

La complessità del progetto richiede un'importante potenza di calcolo. Le simulazioni devono infatti considerare non solo il design delle costellazioni, ma anche le strategie di controllo adattivo che permettono ai satelliti di modificare il loro comportamento in base alle situazioni osservate. Per questo, RC sfrutta tecnologie di calcolo ad alte prestazioni (HPC) per ottimizzare questi sistemi complessi.

Questa ricerca apre nuove frontiere nel settore spaziale e nella protezione delle infrastrutture. Combinando osservazione satellitare, capacità di risposta autonoma e protezione delle infrastrutture critiche, RC rappresenta un esempio concreto di come la space economy possa contribuire alla sicurezza e alla resilienza dei sistemi terrestri.

ThalesAlenia Space
a Thales / Leonardo company

LEONARDO

POLITECNICO
MILANO 1863

Terna
Driving Energy

Nuovi metodi di geolocalizzazione per una mobilità più sicura: il progetto GNSS-SDR

Pressocché ogni applicativo di mobilità ha alla base un grande prerequisito: disporre di sistemi efficienti e precisi per la geolocalizzazione. Solo questo strumento, infatti, permette di monitorare non solo le persone ma anche le infrastrutture nella loro erogazione di servizi di mobilità.

All'interno del Centro Nazionale di Ricerca in High-Performance Computing, Big Data e Quantum Computing, un progetto coordinato da Sogei in partnership con l'Università di Catania affronta proprio questa tematica. Il progetto Precision positioning for smart cities and safe mobilities - GNSS-SDR punta, infatti, a sviluppare un sistema di monitoraggio innovativo per le infrastrutture di trasporto critico.

Gli acronimi presenti nel titolo fanno riferimento alle avanzate tecnologie impiegate nell'esecuzione del prototipo progettuale. Il GNSS è il Global Navigation Satellite System, "padre", in un certo senso, del ben più noto GPS (Global Positioning System). Il GNSS è un sistema di navigazione satellitare che fornisce informazioni sulla posizione, la velocità e il tempo ovunque sulla Terra o in prossimità di essa, in qualsiasi condizione meteorologica e in qualsiasi momento. SDR sta invece per Software Defined Radio, un sistema di comunicazione radio in cui la maggior parte delle funzioni di trasmissione e ricezione, tradizionalmente eseguite da hardware specializzato, sono realizzate tramite software su un computer o un dispositivo programmabile. L'impiego di queste tecnologie è permesso dalla progettazione di appositi algoritmi di supercalcolo che processino in modo veloce ed efficiente i dati provenienti da questi sistemi di raccolta.

Il progetto consentirà di tracciare con alta precisione e in tempo reale i veicoli su strada e quelli di micromobilità urbana, consentendo il monitoraggio delle loro traiettorie e l'identificazione di potenziali rischi di incidenti. Inoltre, grazie all'uso di ricevitori specializzati e ad alta potenza di calcolo, sarà possibile monitorare le infrastrutture di trasporto su tutto il territorio nazionale, migliorando così la sicurezza delle strade e degli utenti.

Infine, il progetto prevede lo sviluppo di un modello predittivo per monitorare l'errore troposferico, un errore nel posizionamento e nella navigazione satellitare derivato dalle variazioni nella densità dell'aria, della pressione e della sua temperatura all'interno dello strato più basso di atmosfera. La correzione di tali errori contribuirà a una gestione più efficiente e sicura del trasporto su strada.

sogei

SICILIAE STVDIVM GENERALE 1434

Università di Catania

Monitoraggio dei rischi naturali dallo spazio: il progetto HAMMON

L'osservazione satellitare sta rivoluzionando il modo in cui monitoriamo e gestiamo i rischi naturali sul territorio.

Il progetto Hazard Mapping and vulnerability Monitoring - HAMMON, coordinato da UnipolSai (Leitha) e realizzato da un ampio consorzio di partner scientifici e industriali, sviluppa strumenti innovativi per quantificare l'impatto degli eventi naturali estremi sul territorio italiano attraverso l'uso di dati satellitari.

Il progetto combina dati di osservazione della Terra con tecnologie di visualizzazione scientifica e intelligenza artificiale per mappare i rischi, monitorare il territorio e prevedere eventi estremi. Particolare attenzione viene dedicata all'identificazione dei fattori di rischio e alla quantificazione degli impatti post-evento, sfruttando l'alta risoluzione e la copertura continua offerta dai sistemi satellitari.

HAMMON integra competenze diverse: dall'analisi dei dati satellitari alla modellistica ambientale, dalla gestione del rischio all'intelligenza artificiale. Questa sinergia permette di sviluppare previsioni ad alta risoluzione degli eventi estremi e migliorare la mappatura dei rischi sul territorio italiano, creando un'infrastruttura tecnologica avanzata per l'elaborazione e la distribuzione dei dati.

Il progetto rappresenta un esempio concreto di come i dati spaziali possano generare valore per la società: dalla protezione delle infrastrutture critiche alla gestione delle emergenze, HAMMON trasforma l'osservazione satellitare in uno strumento pratico per la resilienza del territorio italiano agli eventi naturali estremi.

UnipolSai ASSICURAZIONI

cmcc Centro euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici

Consiglio Nazionale delle Ricerche

ENEA Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile

FONDAZIONE BRUNO KESSLER

INAF ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA

INFN Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Politecnico di Bari

SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA

sogei

UNIVERSITÀ DEL SALENTO

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BARI ALDO MORO

UNIVERSITÀ DI TORINO

UNIVERSITÀ DI TRENTO

Gemelli digitali per la gestione delle emergenze: il progetto DIRECT

Le città moderne generano continuamente dati attraverso sensori, droni e immagini satellitari.

Il progetto Digital twIns foR EmergenCy supporT - DIRECT, coordinato da Sogei in collaborazione con CNR, Università Milano-Bicocca, Università del Salento e Università dell'Aquila, sfrutta questo flusso di informazioni per creare un innovativo gemello digitale di distretti urbani, integrando modelli informativi degli edifici (BIM) per monitorare e prevedere l'impatto di disastri naturali o antropici.

Il cuore del progetto è un Sistema di Supporto alle Decisioni dinamico e adattivo che opera su due livelli temporali: nella fase immediata dell'emergenza, fornendo informazioni in tempo reale per proporre piani di emergenza dinamici quando quelli predefiniti potrebbero non rispecchiare la situazione reale sul territorio; nel lungo periodo, attraverso attività di monitoraggio continuo.

Il progetto si sviluppa in due fasi principali. La prima fase si concentra sullo studio di fattibilità, la configurazione e installazione dei sensori, lo sviluppo della piattaforma IoT e del gemello digitale. Attraverso strumenti di simulazione basati su diverse tecnologie e risorse di calcolo ad alte prestazioni (HPC), il sistema rappresenterà il distretto urbano monitorato e il suo profilo di rischio, integrando dati raccolti in tempo reale da sensori terrestri, droni e satelliti.

La seconda fase prevede l'integrazione dei modelli BIM per prevedere l'impatto dei disastri naturali sugli edifici, incorporando dati da sensori (consumi energetici, umidità, temperatura, CO2) nel gemello digitale. Un dimostratore del sistema verrà testato simulando un evento naturale, come un terremoto, su una porzione di distretto urbano.

DIRECT rappresenta un esempio di come le tecnologie spaziali, integrate con sensori terrestri e modelli digitali avanzati, possano migliorare la resilienza urbana. La combinazione di dati satellitari con altre fonti di informazione permette di creare uno strumento prezioso per la gestione delle emergenze e la protezione dei cittadini.

sogei

Consiglio Nazionale delle Ricerche

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO BICOCCA

UNIVERSITÀ DEL SALENTO

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA

PERBACCO: early warning system per la prevenzione della diffusione della flavescenza dorata basato sul monitoraggio multiparametrico airborne delle colture vinicole

Il progetto PERBACCO ha l'obiettivo di sviluppare un sistema di early warning accessibile tramite una WebApp dedicata, per supportare le decisioni strategiche del Settore Fitosanitario e Difesa delle Produzioni della Regione Emilia-Romagna nella lotta e prevenzione della flavescenza dorata. Il sistema consente di individuare precocemente la malattia, permettendo interventi mirati e tempestivi per la protezione della vite.

PERBACCO mira a fornire strumenti innovativi per il monitoraggio e la prevenzione della flavescenza dorata, contribuendo alla salvaguardia della produzione vitivinicola regionale. Il progetto prevede il monitoraggio multiparametrico e multitemporale di un'area di circa 15.000 ettari tramite piattaforme aeree sperimentali, l'analisi automatizzata di immagini multispettrali ad alta risoluzione con algoritmi di analisi avanzata e lo sviluppo di una WebApp per la visualizzazione di dati geospaziali relativi alle aree affette o a rischio di infezione. Questi elementi sono riassunti in Figura 7.

Il progetto utilizza un approccio integrato basato su rilievi airborne con sensori multispettrali, algoritmi avanzati di processamento delle immagini e una WebApp interattiva per la gestione e visualizzazione dei dati geografici.

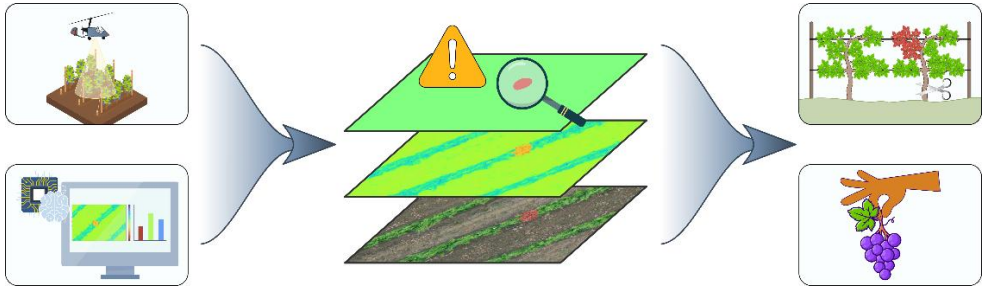


Figura 7. Il progetto PERBACCO prevede tre step: monitoraggio delle viti, sviluppo di un software di analisi automatica, e realizzazione di una webapp per la visualizzazione di layer informativi

RegioneEmilia-Romagna
Il progetto PERBACCO è finanziato dalla Regione Emilia-Romagna
L.R. 27 ottobre 2022 n. 17 "Interventi urgenti a sostegno del settore agricolo, agroalimentare, ittico e delle bonifiche"
art. 1 "Interventi per l'innovazione del settore agricolo ed agroalimentare"

Per ulteriori informazioni:
Dott.ssa Virginia Strati
Abstract EGU24-10773
Dott. Giuseppe Piparo
https://agenda.infn.it/event/43778/contributions/248747/

Algoritmo di apprendimento deterministico per l'identificazione di pannelli fotovoltaici

Stimare il numero di pannelli fotovoltaici in una regione è complesso per la mancanza di registri ufficiali e la varietà di installazioni, dai grandi impianti ai sistemi residenziali. Una stima accurata è essenziale per monitorare i progressi verso la sostenibilità e pianificare nuove installazioni. Per questo scopo è stato sviluppato un algoritmo deterministico che, analizzando immagini aeree, identifica i pannelli solari attraverso i loro colori caratteristici. L'approccio, basato su poche immagini etichettate, garantisce un'identificazione rapida, efficace ed esplicativa delle installazioni fotovoltaiche.

Stimare il numero di pannelli fotovoltaici in una regione è un compito complesso a causa della mancanza o insufficienza di registri ufficiali. Questa difficoltà è ulteriormente accentuata sia dalla presenza di grandi campi solari, sia dalla diffusione di piccoli sistemi installati dai privati cittadini, ad esempio sui tetti delle abitazioni. La stima della capacità fotovoltaica totale installata e della produzione di energia può migliorare la capacità dei responsabili politici e delle parti interessate di valutare i progressi in termini di sostenibilità, quantificare i benefici effettivi dell'energia verde e considerare le potenziali installazioni future.

È stato sviluppato un algoritmo deterministico in grado di identificare pannelli solari in immagini aeree tramite l'individuazione dei loro colori caratteristici. Questo approccio permette di identificare i pannelli basandosi sull'estrazione di colori da poche immagini etichettate, fornendo uno strumento efficace, esplicativo e di veloce esecuzione.

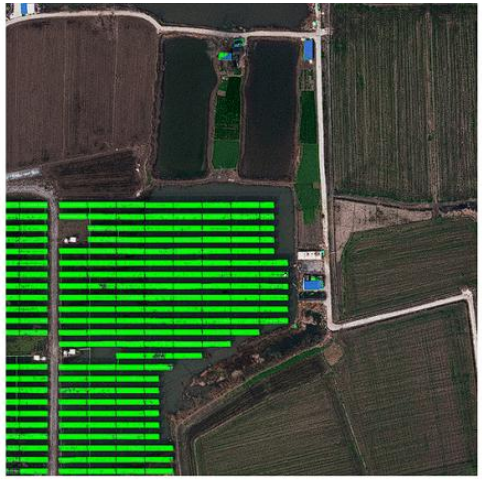


Figura 8.Identificazione di pannelli fotovoltaici in immagini aeree

Per ulteriori informazioni:

Prof. Emiliano Tramontana

https://www.mdpi.com/2227-7080/11/6/174

Dott. Giuseppe Piparo

https://agenda.infn.it/event/43778/contributions/248747/

Intelligenza artificiale per l'analisi delle immagini satellitari

Il progetto si concentra sul rilevamento e la mappatura delle aree colpite da incendi attraverso l'analisi di immagini multispettrali acquisite dai satelliti Sentinel-2. L'obiettivo è sviluppare strumenti avanzati per il monitoraggio ambientale su larga scala e migliorare la gestione dei disastri naturali. Per l'addestramento dei modelli, è stato utilizzato un dataset composto da 114 aree bruciate, etichettate con le informazioni fornite dal *Copernicus Emergency Management Service (CEMS)* e raccolte principalmente nell'area mediterranea.

Negli ultimi anni, gli incendi boschivi sono aumentati significativamente a causa di temperature più alte e prolungati periodi di siccità. Nel 2023, oltre 4,1 milioni di ettari sono bruciati in Europa, con un incremento del 40% rispetto alla media degli ultimi dieci anni (Fonte EFFIS). Gli incendi sono spesso causati da una combinazione di fattori: condizioni meteorologiche estreme, attività umane e gestione inadeguata delle foreste. Nell'era del cambiamento climatico, è cruciale adottare strategie di prevenzione e risposta, come il monitoraggio avanzato e la gestione sostenibile del territorio, per proteggere l'ambiente e le comunità.

È stato sviluppato un algoritmo di intelligenza artificiale per l'identificazione di aree bruciate usando serie temporali di immagini multispettrali acquisite dai satelliti Sentinel-2. Un esempio dei risultati ottenuti è mostrato in Figura 8.

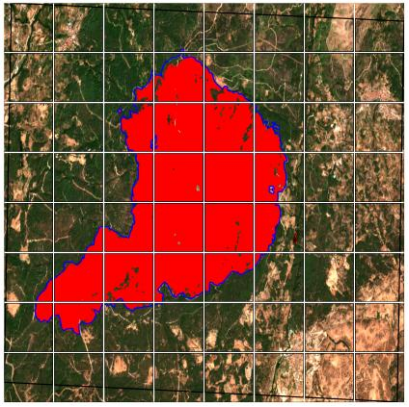


Figura 9. Un esempio di immagine di Sentinel-2, con riportati il bordo dell'area bruciato fornito dal CEMS (linea blu) e le predizioni dell'algoritmo di IA (area rossa)

Per ulteriori informazioni:
Prof.ssa Alessia Tricomi
Prof. Gioacchino Alex Anastasi
Dott. Giuseppe Piparo
https://agenda.infn.it/event/43778/contributions/248747/

Scenari e prospettive future per la space economy

L'industria spaziale sta attraversando una fase di profonda trasformazione, con previsioni di crescita che vedono il settore espandersi dai 596 miliardi di dollari nel 2024 fino a raggiungere 1,8 trilioni di dollari entro il 2035. Questa espansione è guidata sia dalle applicazioni "backbone" tradizionali - come satelliti, lanciatori e servizi di base - sia dalle applicazioni "reach" che integrano le tecnologie spaziali in settori diversificati dell'economia.

La space economy rappresenta oggi uno dei megatrend più significativi che stanno plasmando il nostro futuro, con implicazioni che si estendono ben oltre il settore spaziale tradizionale. La convergenza di innovazione tecnologica, crescente partecipazione del settore privato e nuovi modelli di business sta creando un ecosistema dinamico che abbraccia sia il segmento upstream - focalizzato sulla produzione di hardware spaziale e servizi di lancio - sia il segmento downstream - dedicato allo sfruttamento e alla valorizzazione dei dati e servizi satellitari.

Questa evoluzione è caratterizzata da una parte dalla democratizzazione dell'accesso allo spazio, con l'emergere di attori privati come SpaceX che hanno rivoluzionato il settore dei lanci, e dall'altra dalla proliferazione di applicazioni innovative che stanno trasformando settori tradizionali come trasporti, agricoltura, telecomunicazioni e difesa. La crescente integrazione di tecnologie avanzate come intelligenza artificiale, quantum computing e blockchain sta inoltre aprendo nuove frontiere nelle capacità di elaborazione e utilizzo dei dati spaziali.

In questo capitolo esploreremo i principali trend che stanno plasmando il futuro della space economy, analizzando sia gli sviluppi tecnologici chiave nei segmenti upstream e downstream, sia le dinamiche di mercato che stanno guidando questa trasformazione. Particolare attenzione verrà dedicata all'impatto di questi cambiamenti sui diversi settori industriali e alle prospettive di crescita che si stanno delineando per il prossimo decennio.

Trend di mercato

Che si tratti di un test di un nuovo sistema di razzi, del lancio di un satellite innovativo o di una missione di esplorazione robotica che atterra in sicurezza sulla luna, l'attività nello spazio sta accelerando. Secondo Nova Space, la space economy dovrebbe crescere da 596 miliardi di dollari nel 2024 a 944 miliardi di dollari entro il 2033, trainata principalmente dalle soluzioni a valle che sfruttano i dati satellitari.

McKinsey e il World Economic Forum, nel report del 2024 "Space: The $1.8 Trillion Opportunity for Global Economic Growth", stimano che l'economia spaziale globale varrà 1,8 trilioni di dollari entro il 2035 (tenendo conto dell'inflazione), in aumento rispetto ai 630 miliardi di dollari del 2023. Questa cifra include:

- applicazioni "backbone" - come quelle per satelliti, lanciatori e servizi come la televisione via etere o il GPS

- applicazioni "reach" - quelle per cui la tecnologia spaziale aiuta le aziende di vari settori a generare ricavi. Uber, per esempio, si basa sulla combinazione di segnali satellitari e chip all'interno degli smartphone per connettere conducenti e passeggeri e fornire indicazioni in ogni città.

Come mostrato in Figura 10, nel 2023, le applicazioni backbone rappresentavano 330 miliardi di dollari, ovvero poco più del 50% dell'economia spaziale globale, mentre le applicazioni reach rappresentavano 300 miliardi di dollari. Il tasso di crescita annuale previsto per le applicazioni backbone e reach è il doppio del tasso di crescita del PIL previsto per il prossimo decennio. Per un confronto, le stime di valore per lo spazio sono simili a quelle dei semiconduttori (stimati a 600 miliardi di dollari nel 2021 con una crescita annuale del 6-8% fino agli anni 2030) e circa la metà della proiezione per l'industria globale dei pagamenti (stimata a 3,2 trilioni di dollari di ricavi entro il 2027).

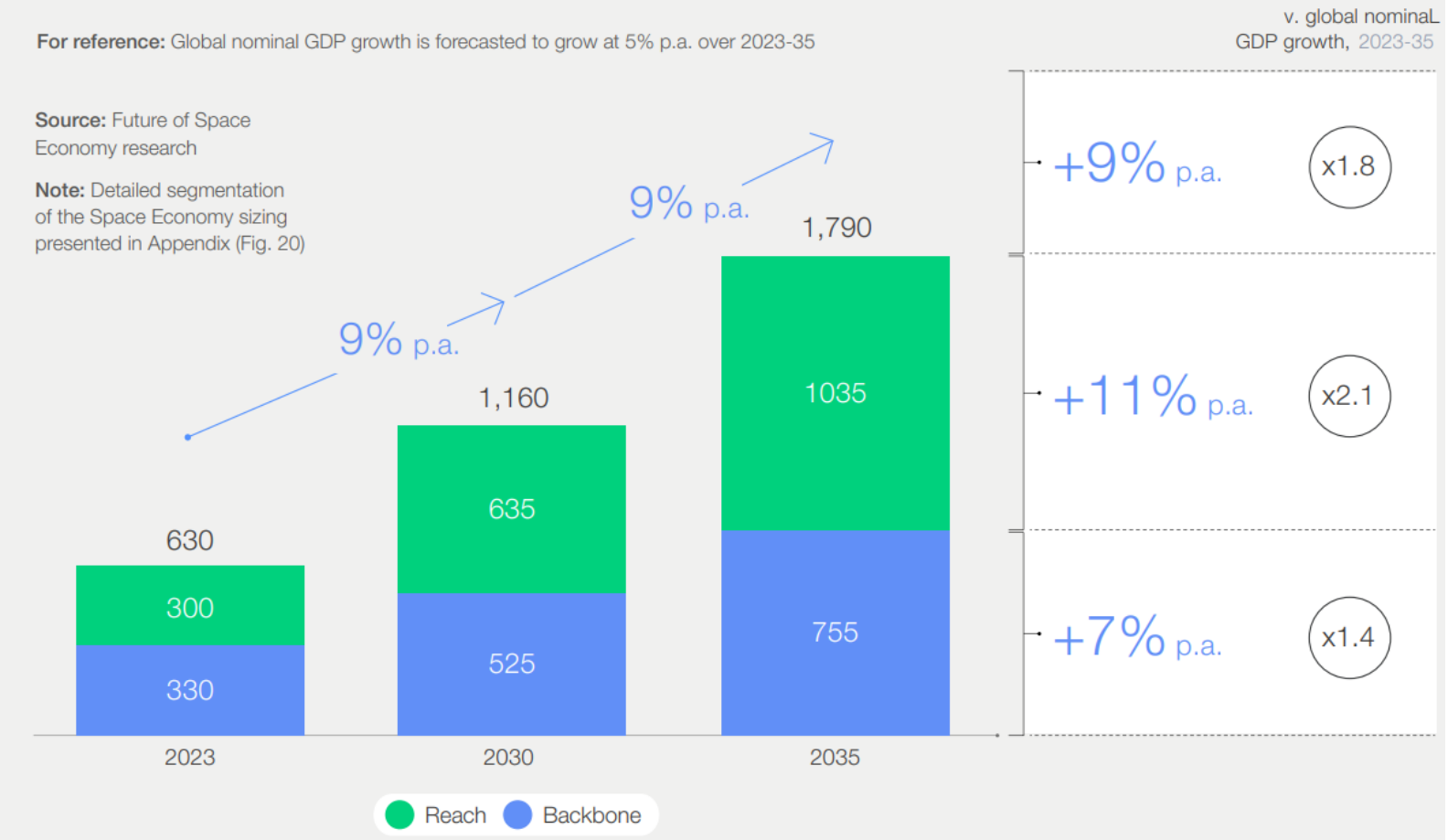


Figura 10. Crescita del settore space economy, in miliardi di dollari (credits: McKinsey & World Economic Forum)

I fattori di crescita per l'economia spaziale includono la necessità di una maggiore connettività via satellite, una maggiore domanda di servizi di posizionamento e navigazione sui telefoni cellulari, e una crescente domanda di approfondimenti basati su AI e machine learning. Queste innovazioni stanno portando maggiori benefici a un insieme più diversificato di stakeholder che mai, incluse aziende in settori che vanno dall'alimentare ai trasporti. Potrebbero anche aiutare a risolvere alcune delle più grandi sfide del mondo, come il cambiamento climatico.

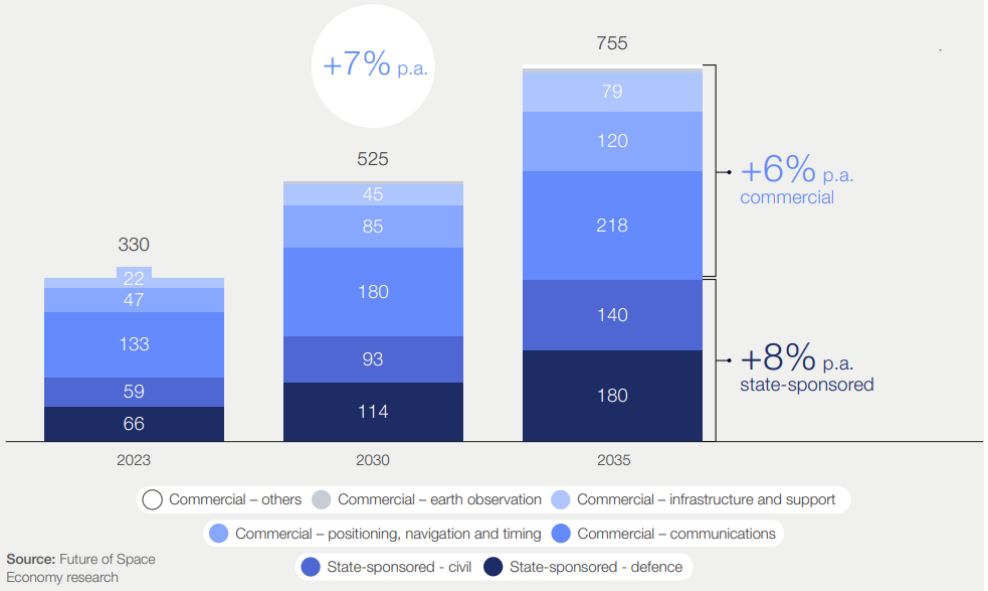


Figura 11. Crescita dei ricavi da applicazioni backbone, in miliardi di dollari (credits: McKinsey & World Economic Forum)

Focalizzandosi sulle applicazioni backbone, McKinsey divide i ricavi in diverse categorie (si veda Figura 11):

- **Commerciale:** Osservazione della Terra; Infrastrutture e supporto; Posizionamento, navigazione e tempistica; Comunicazioni; Altri servizi commerciali.
- **Statale:** Settore civile; Difesa.

All'Osservazione della Terra dedichiamo un focus specifico in Figura 12.

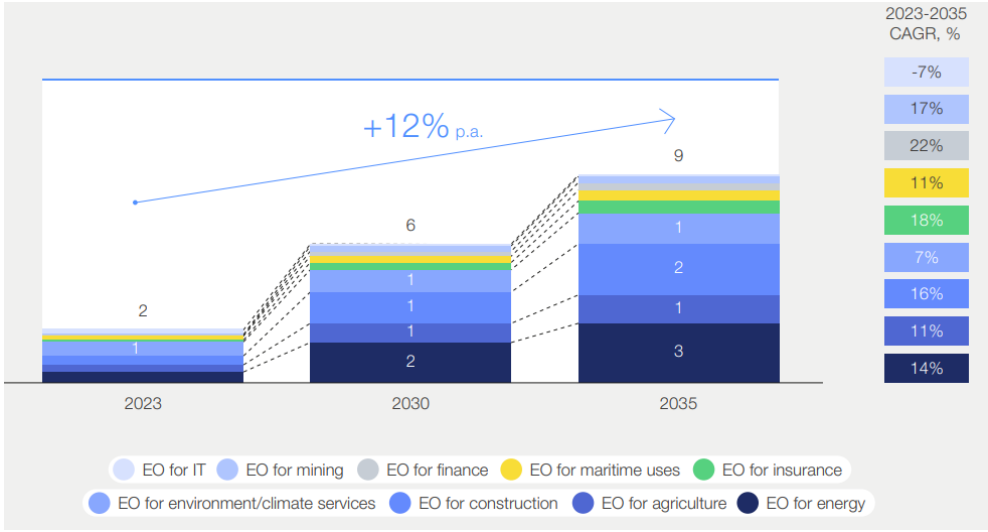


Figura 12. Crescita dei ricavi da applicazioni di Osservazione della Terra, in miliardi di dollari (credits: McKinsey & World Economic Forum)

I dati e i servizi di Osservazione della Terra commerciali appaiono oggi uno dei segmenti più piccoli del backbone, con un valore di 2 miliardi di dollari nel 2023.

Tuttavia, questo racconta solo una storia parziale della diffusa domanda di EO basata sullo spazio perché (i) grandi set di dati sono disponibili gratuitamente al pubblico generale, e (ii) il prezzo delle immagini sta diminuendo con lo sviluppo di fonti disponibili commercialmente. Per queste ragioni, il valore continuerà a spostarsi verso l'elaborazione dei dati, la fusione dei dati e i prodotti personalizzati (per esempio le API Platform di Planet e il Precision 3D di Maxar), per soddisfare la crescente domanda degli utenti finali di analisi specifiche. Il fatturato totale più che triplicherà raggiungendo i 9 miliardi di dollari annui tra il 2023 e il 2035, man mano che questi insight diventeranno essenziali per i leader aziendali nel processo decisionale.

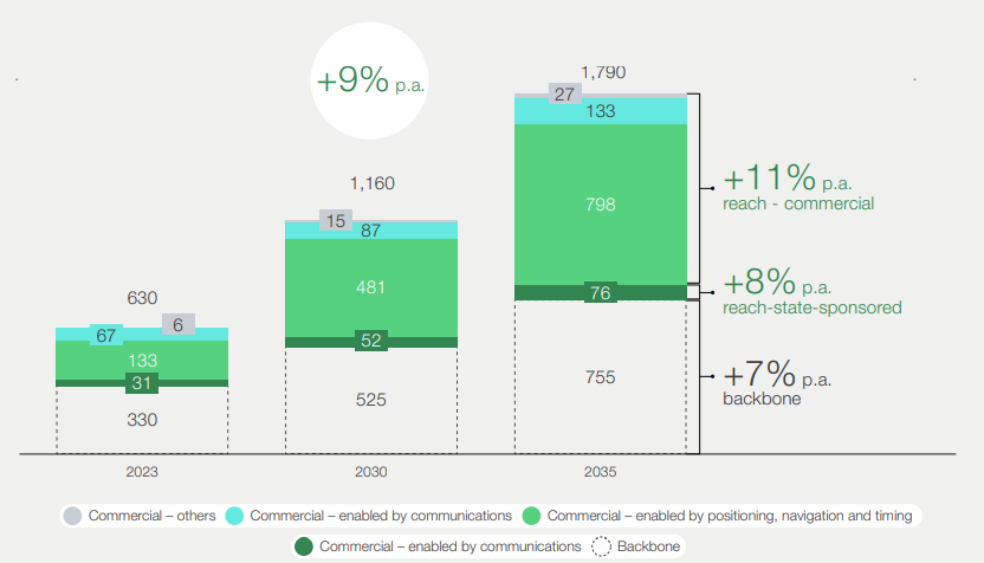


Figura 13. Crescita dei ricavi da applicazioni reach, in miliardi di dollari (credits: McKinsey & World Economic Forum)

Per quanto riguarda le applicazioni reach (la cui crescita in valore generato è riportata in Figura 13), esse sono di tipo:

- **Commerciale:** Applicazioni abilitate dalle comunicazioni; Applicazioni abilitate da posizionamento, navigazione e tempistica; Altre applicazioni commerciali basate sulle comunicazioni;
- **Statale:** Applicazioni di comunicazioni sovvenzionate dallo stato.

La space economy e i settori industriali

Di ancor maggiore interesse è la segmentazione per industria del valore generato dalle applicazioni di space economy (si veda Figura 14).

Secondo McKinsey (2024), sette industrie (elencate qui in ordine dalla quota maggiore alla minore) che rappresentano oltre l'80% dei ricavi generati dai casi d'uso backbone e reach entro il 2035 saranno all'avanguardia nell'espansione dell'economia spaziale.

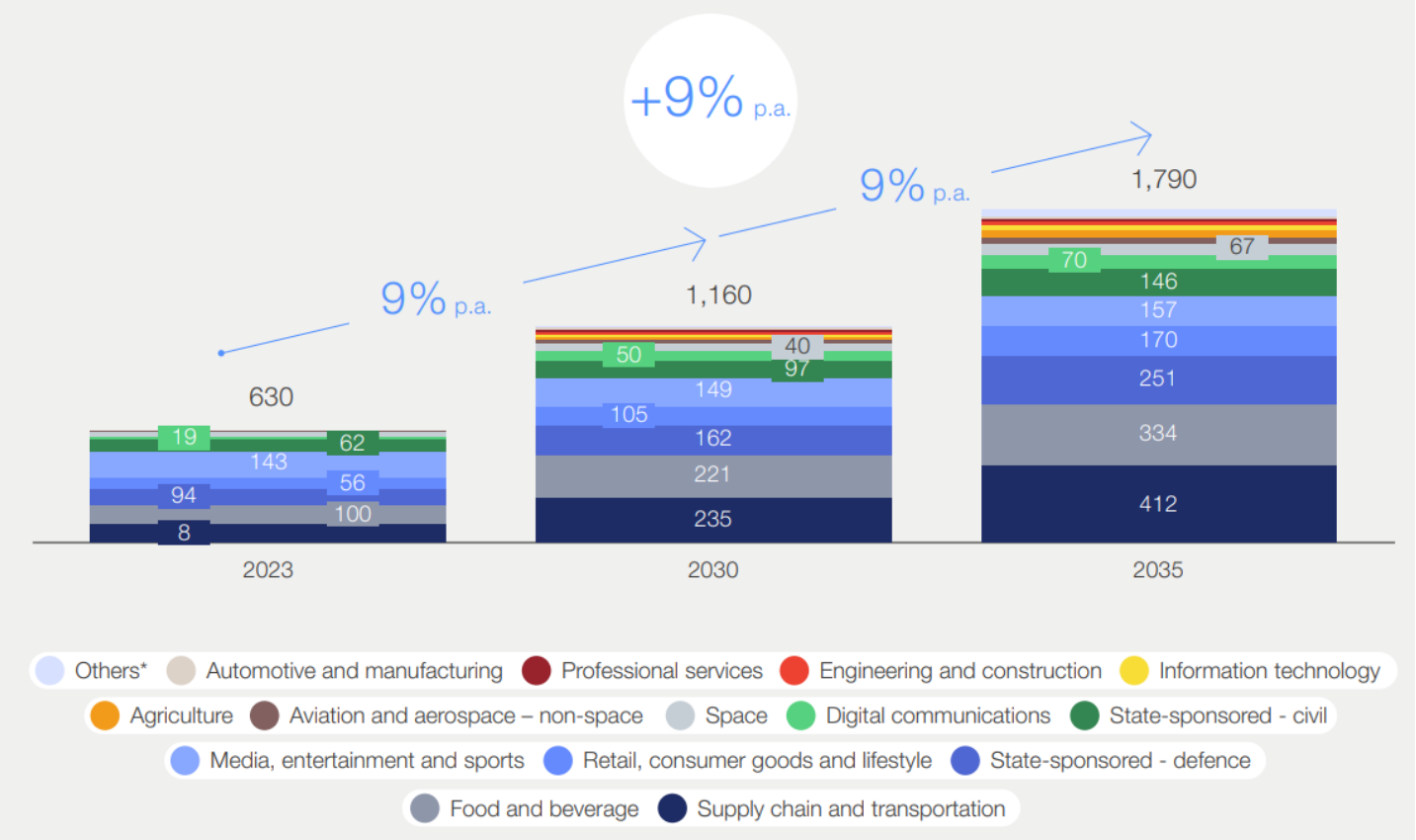


Figura 14. Crescita nel settore space economy per industria (credits: McKinsey & World Economic Forum)

Supply chain e trasporti, per una logistica più efficiente ed economica.

Con un focus sui player della supply chain e del trasporto (escludendo la produzione automobilistica), l'applicazione delle tecnologie spaziali in questo settore dovrebbe generare ~410 miliardi di dollari di ricavi entro il 2035, contribuendo in modo significativo all'economia spaziale complessiva (stimata in 1,8 trilioni di dollari). È prevista una crescita rapida, con un tasso annuo del 14% nel periodo 2023-2035, superando il tasso di crescita complessivo del settore. I temi chiave in questo ambito sono:

- Miglioramento dei servizi di mobilità: I sistemi di posizionamento, navigazione e tempistica (PNT) possono migliorare il tracciamento e la gestione dei veicoli, riducendo i costi e aumentando l'efficienza. Questo favorisce lo

sviluppo di servizi sia business-to-business (B2B) sia business-to-customer (B2C).

- Accelerazione del flusso di informazioni nella supply chain globale: L'integrazione di IoT (Internet of Things) e dati di osservazione della Terra (EO) rivoluziona il flusso informativo nel settore, permettendo decisioni più informate, percorsi ottimizzati e consegne puntuali.
- Previsione e mitigazione dei rischi: I servizi meteorologici aiutano a prevedere e mitigare i rischi lungo le rotte di trasporto, riducendo ritardi e garantendo maggiore sicurezza per merci e personale.

Dal 2035 in poi, il settore spaziale contribuirà a sbloccare:

- Consegne autonome su lunghe distanze e nell'ultimo miglio. Una connessione satellitare persistente, ad alta velocità, a bassa latenza e a basso costo ha il potenziale per abilitare modalità di trasporto oltre la linea di vista, come droni e spedizioni marittime.
- Ottimizzazioni predittive della supply chain abilitate dall'AI. I dati in tempo reale di PNT (posizionamento, navigazione e tempistica) e di osservazione della Terra (EO) possono essere sfruttati dall'intelligenza artificiale per supportare decisioni migliori, aumentare la produttività e migliorare l'efficienza complessiva.



Alimentari e bevande, per aumentare l'efficienza delle consegne dell'ultimo miglio di beni deperibili.

Nel settore alimentare e delle bevande, l'impatto delle tecnologie spaziali è particolarmente evidente nelle consegne rapide e sensibili al tempo, come quelle di prodotti deperibili. Questo settore è destinato a subire una trasformazione significativa, con una previsione di ricavi pari a 330 miliardi di dollari entro il 2035. Un tasso di crescita robusto dell'11% sottolinea il potenziale per un'espansione dinamica. I temi chiave in questo ambito sono:

- Rivoluzionare la consegna rapida di prodotti deperibili. La tecnologia PNT (posizionamento, navigazione e tempistica) sta migliorando la precisione e l'efficienza per operatori come UberEats e DoorDash. L'integrità del segnale PNT è essenziale per garantire consegne efficienti e combattere le frodi.
- Innovazione nei nutrienti in assenza di gravità. La ricerca spaziale sta avanzando rapidamente nello sviluppo di nutrienti in ambienti a gravità zero, aprendo nuove possibilità per la creazione di ingredienti funzionali di alta qualità.



Difesa sponsorizzata dallo Stato, per la sorveglianza e le comunicazioni resilienti.

Il settore della difesa spaziale, con un tasso di crescita annuo composto (CAGR) del 9%, è destinato a raggiungere una dimensione di mercato di ~250 miliardi di dollari entro il 2035. Questa crescita evidenzia il ruolo sempre più rilevante della sicurezza globale, alimentata dall'adozione di tecnologie avanzate di difesa spaziale. Le sfide chiave saranno:

- Miglioramento dell'intelligence, sorveglianza e ricognizione (ISR). L'espansione dell'economia spaziale rafforzerà le capacità ISR globali quasi in tempo reale, supportando un dispiegamento rapido delle forze, maggiore efficienza operativa e migliori processi decisionali.
- Sviluppo di piattaforme di comando, controllo e comunicazione (C3) e dell'"Internet delle Cose per il Campo di Battaglia (IoBT)". Grazie a comunicazioni satellitari sicure e resilienti, le piattaforme C3 e i dati IoBT garantiranno un flusso informativo continuo e affidabile.
- Crescente domanda di rilevamento spaziale. L'aumento della domanda stimolerà partnership con produttori leader di sensori e aziende di analisi AI, migliorando le capacità di acquisizione e interpretazione dei dati.

Dal 2035 in poi, il settore spaziale potrebbe contribuire a:

- Controllo delle frontiere abilitato dal geofencing. I sistemi supportati dai satelliti forniranno delimitazioni precise dei confini e monitoraggio in tempo reale, garantendo maggiore sicurezza e una risposta rapida alle violazioni.
- Software basati sull'AI per prevedere e monitorare le evoluzioni geopolitiche. Grazie all'analisi delle immagini satellitari e all'intelligenza artificiale, le nuove piattaforme potranno tracciare in tempo reale movimenti di truppe avversarie, concentrazioni navali o attività di costruzione. Questo fornirà alle agenzie di difesa informazioni cruciali per anticipare potenziali azioni geopolitiche.



Retail, beni di consumo/elettronica e lifestyle, per l'elettronica di consumo e i servizi di e-commerce online.

Questo settore include e-commerce, beni di consumo ed elettronica, in cui l'applicazione delle tecnologie spaziali dovrebbe raggiungere 170 miliardi di dollari di ricavi entro il 2035. Con una crescita solida, l'uso delle tecnologie spaziali in questo settore è destinato a registrare una crescita del 10% entro il 2035, superando il tasso di crescita complessivo dell'industria. I temi chiave sono:

- Sfruttare la connettività Internet per il commercio al dettaglio. I satelliti possono fornire connettività Internet alle aree remote, eliminando la necessità di infrastrutture terrestri. Questo permette alle persone in regioni meno servite di accedere a Internet ad alta velocità, facilitando la loro partecipazione allo shopping online e alle attività di e-commerce.

- Crescente domanda di ricevitori PNT. Con l'adozione crescente delle tecnologie spaziali, la domanda di ricevitori PNT (posizionamento, navigazione e tempistica) sta aumentando rapidamente. Questo è spinto dal crescente interesse dei consumatori per i prodotti dotati di dati satellitari, che migliorano le esperienze di tracciamento e navigazione.

Dal 2035 in poi, il settore spaziale contribuirà alla creazione di dispositivi indossabili intelligenti con funzionalità per emergenze e allerte di disastri naturali. I dispositivi indossabili avanzati per applicazioni civili fungeranno da trasmettitori di localizzazione d'emergenza, fornendo avvisi in tempo reale su disastri naturali imminenti come valanghe, uragani e tornado.



Media, intrattenimento e sport, per dispositivi di tracciamento sportivo e media online.

Per questo settore (che comprende trasmissioni mediatiche, applicazioni di intrattenimento e sportive), i ricavi derivanti dall'uso delle tecnologie spaziali dovrebbero stabilizzarsi a 157 miliardi di dollari entro il 2035, rappresentando circa il 10% del totale di 1,8 trilioni di dollari. A differenza di altri settori, ci si aspetta che la crescita rimanga inferiore al PIL (1%), a causa del declino graduale della TV satellitare. Questo evidenzia la necessità di adattamenti e innovazioni per mantenere la domanda dei consumatori. I temi chiave da monitorare saranno:

- Migliorare la distribuzione dei contenuti. Per decenni, i satelliti hanno fornito servizi TV e radio con ampia copertura. Tuttavia, con il passaggio dei consumatori ai contenuti online (es. piattaforme di streaming), la creazione di valore si sposterà sempre più verso piattaforme digitali accessibili grazie alla connessione Internet satellitare.
- Offrire servizi basati sulla localizzazione per utenti individuali. Sfruttando i ricevitori PNT integrati nei dispositivi elettronici di consumo, i settori media, intrattenimento e sport stanno sviluppando sempre più servizi basati sulla localizzazione, come esperienze personalizzate di realtà aumentata e mappe sportive per attività all'aperto.

Dal 2035 in poi, il settore spaziale contribuirà a sbloccare media e intrattenimento basati nello spazio (es. reality show TV).



Civile sponsorizzato dallo Stato, per ricerca scientifica, gestione delle catastrofi e monitoraggio ambientale.

Si prevede che il settore spaziale civile raggiunga 146 miliardi di dollari entro il 2035, con un'espansione costante al 7% CAGR (tasso di crescita annuo composto). Sebbene questa crescita sia inferiore alla media dell'industria spaziale, sottolinea comunque il suo ruolo cruciale nell'esplorazione spaziale e nelle comunicazioni satellitari. I temi chiave saranno:

- Collaborazione per l'esplorazione e la ricerca. Le partnership emergenti tra innovatori tecnologici guideranno l'esplorazione più profonda del

sistema solare, promuovendo progressi nella scienza spaziale e nelle tecnologie correlate.

- Avanzamento dei sistemi di osservazione. Gli sviluppi nelle tecnologie di osservazione della Terra miglioreranno applicazioni come la previsione meteorologica, la pianificazione urbana e la risposta ai disastri, offrendo benefici trasversali tra settori.
- Espansione dell'IoT e del PNT basati nello spazio. L'aumento degli investimenti in IoT e PNT spaziali rivoluzionerà lo sviluppo metropolitano, la ricerca sulla biodiversità e il monitoraggio ambientale, contribuendo a una gestione urbana e delle risorse naturali più intelligente e sostenibile.

Dal 2035 in poi, il settore spaziale contribuirà a sbloccare:

- Analisi spaziali per la previsione e l'anticipazione dei disastri naturali. Piattaforme che utilizzano dati satellitari e analisi in orbita per identificare, prevedere e mitigare in modo proattivo i disastri naturali imminenti.
- IoT e PNT abilitati dallo spazio per le smart cities. Sistemi che ottimizzano la vita urbana attraverso i dati spaziali, automatizzando il flusso del traffico, migliorando i trasporti e innovando la gestione dei rifiuti.
- Insediamenti lunari. Presenza umana a lungo termine sulla Luna, con le necessità associate di costruzione, energia, cibo e altre infrastrutture essenziali.

Comunicazioni digitali, per una migliore connettività.

Le comunicazioni satellitari avranno un ruolo sempre più rilevante nel futuro delle telecomunicazioni digitali, raggiungendo un mercato di 70 miliardi di dollari entro il 2035, rappresentando circa il 5% dell'economia spaziale totale (1,8 trilioni di dollari). L'adozione da parte di consumatori e aziende guiderà una crescita del 12% annuo tra il 2023 e il 2035, con un rallentamento negli anni successivi a causa della maturazione del mercato. I temi chiave saranno:

- Sfruttare la connettività satellitare in orbita terrestre bassa (LEO). Le costellazioni satellitari miglioreranno la connettività, soprattutto nelle aree meno servite, con applicazioni che spaziano dall'Internet residenziale all'IoT e alle reti aziendali.
- Affrontare la competizione sui prezzi. Gli operatori satellitari dovranno anticipare e adattarsi alla crescente competizione sui prezzi, con l'espansione della copertura e l'adozione di strategie più agili per rimanere competitivi.
- Creare collaborazioni tra settori. Gli attori del settore downstream stanno esplorando partnership con enti pubblici e operatori delle telecomunicazioni digitali per adattare, progettare e armonizzare l'infrastruttura e promuovere l'innovazione.

Dal 2035 in poi, il settore spaziale contribuirà a sbloccare:

- Connettività onnipresente per utenti business-to-business e business-to-consumer. L'integrazione tra reti spaziali e terrestri potrebbe fornire accesso ubiquo a Internet ad alta velocità, garantendo connessioni affidabili e sicure.
- Adozione di comunicazioni decentralizzate. Le reti spaziali potrebbero rispondere alla crescente necessità di reti di comunicazione sicure e private, offrendo maggiore controllo sui dati personali, maggiore efficienza e riduzione dei costi.

La space economy tra i megatrend globali

Secondo l'Italian Institute for the Future, la space economy è uno dei megatrend che stanno impattando la società e che avranno progressivamente un ruolo sempre maggiore nell'economia e nelle trasformazioni che stanno avvenendo.

Focus: Parole di Futuro

Cos'è un Megatrend?

I megatrend sono grandi forze trasformative che hanno un impatto profondo e duraturo sulla società, l'economia, l'ambiente e la tecnologia. Sono tendenze di lungo periodo (tipicamente decenni) che influenzano significativamente molteplici aspetti della vita umana e dei sistemi economici.
Le caratteristiche principali dei megatrend sono:

- Durata pluridecennale
- Impatto globale o su vaste aree geografiche
- Effetti trasversali su più settori e ambiti
- Capacità di modificare strutturalmente comportamenti e sistemi

La privatizzazione e commercializzazione dello spazio rappresenta una delle trasformazioni più significative del settore. Da un ambito storicamente dominato dalle agenzie governative, si è passati a un ecosistema dove operatori privati come SpaceX, Blue Origin e Virgin Galactic giocano un ruolo sempre più determinante. Questa evoluzione è testimoniata dalla crescita costante degli investimenti privati che affiancano i finanziamenti pubblici, con previsioni che indicano un'espansione del settore da 470 miliardi nel 2023 a 1000 miliardi di dollari nel 2030. Nel report del 2025 dell'Italian Institute for the Future "Emerging Long-Term Megatrends: Dieci cambiamenti destinati a influenzare il nostro futuro", il monopolio spaziale di SpaceX è inserito proprio tra i dieci megatrend da tenere monitorati, insieme alla corsa all'energia stimolata dall'Intelligenza Artificiale, alla crisi della democrazia, al fenomeno child-free. Riguardo questo megatrend si legge: "nel mercato dei lanci spaziali commerciali, SpaceX ha acquisito oltre il 70% della quota di mercato, dominando anche il settore governativo grazie a contratti strategici con la NASA e il Dipartimento della Difesa" (pag. 57).

La nuova logistica spaziale sta ridefinendo le modalità operative nel settore. L'innovazione si concentra sullo sviluppo di servizi orbitali per satelliti a fine vita e su tecnologie avanzate di rendez-vous e docking. Un aspetto particolarmente rivoluzionario è l'emergere della manifattura spaziale, con la creazione di moduli

dedicati all'assemblaggio e alla fabbricazione in orbita, supportati da sistemi di intelligenza artificiale e robotica avanzata. Questo approccio sta aprendo nuove frontiere nella gestione delle risorse e delle operazioni spaziali.

Gli insediamenti spaziali permanenti rappresentano una delle visioni più ambiziose per il futuro. Progetti come il Moon Village dell'ESA e il Lunar Gateway della NASA stanno gettando le basi per la presenza umana stabile sulla Luna, mentre si sviluppa il concetto di "Città Cislunare" che prevede comunità di circa 1000 persone stabilmente insediate tra l'orbita terrestre e lunare. Questi progetti si estendono fino a Marte, richiedendo lo sviluppo di nuove forme di architettura spaziale, denominate OrbiTecture.

Il turismo spaziale sta emergendo come un settore commerciale concreto, non più limitato alla fantascienza. I primi voli turistici sono già stati realizzati da compagnie come Virgin Galactic e SpaceX, mentre si sviluppano infrastrutture dedicate come gli spazioporti. La progressiva riduzione dei costi di accesso allo spazio sta rendendo questa esperienza, inizialmente riservata a pochissimi, potenzialmente accessibile a un pubblico più ampio, aprendo nuove prospettive per l'industria turistica.

Lo space mining rappresenta un'altra frontiera rivoluzionaria, con un crescente interesse per l'estrazione di risorse da corpi celesti. L'attenzione si concentra su materiali rari e preziosi, con particolare interesse per l'acqua e l'elio-3. Lo sviluppo di tecnologie per lo sfruttamento di risorse in situ potrebbe avere un impatto significativo sui mercati globali delle materie prime, modificando radicalmente la disponibilità e il valore di alcune risorse considerate oggi rare o strategiche.

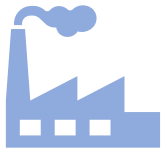
Le telecomunicazioni spaziali avanzate stanno rivoluzionando la connettività globale attraverso lo sviluppo di mega-costellazioni di satelliti. La competizione tra progetti come Starlink di SpaceX e Kuiper di Amazon sta guidando un incremento significativo del numero di satelliti in orbita, con l'obiettivo di fornire connettività internet a banda larga in ogni angolo del pianeta. Questo trend sta portando a un potenziamento senza precedenti dei servizi di comunicazione satellitare, con importanti implicazioni per l'accesso globale alle telecomunicazioni.

Trend tecnologici chiave

I trend tecnologici nel settore della space economy possono essere suddivisi in due macro-categorie che riflettono la catena del valore del settore spaziale.

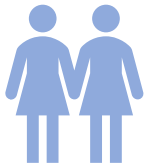
Trend di Upstream

Il segmento upstream della space economy sta attraversando una profonda trasformazione tecnologica che sta ridefinendo le modalità di progettazione, produzione e operazione dei sistemi spaziali.



Nel campo dell'advanced manufacturing, l'adozione di tecnologie di produzione additiva sta rivoluzionando la realizzazione di componenti spaziali, permettendo la creazione di strutture complesse ottimizzate e più leggere, con conseguente riduzione dei costi di lancio. Questa evoluzione si accompagna all'utilizzo crescente di materiali avanzati e compositi, che offrono prestazioni

superiori in termini di resistenza, peso e protezione dalle condizioni estreme dello spazio. La robotica e l'automazione stanno trasformando le linee di produzione, migliorando precisione e ripetibilità dei processi produttivi.



Un ruolo fondamentale per il segmento di upstream è giocato dai digital twin, che stanno rivoluzionando l'intero ciclo di vita dei sistemi spaziali. Questi gemelli digitali permettono di simulare e ottimizzare ogni aspetto di un sistema spaziale prima della sua realizzazione fisica, riducendo rischi e costi di sviluppo. La loro integrazione con l'intelligenza artificiale sta inoltre abilitando capacità predittive sempre più sofisticate per la manutenzione e la gestione delle anomalie. L'intelligenza artificiale sta infatti permeando tutti gli aspetti dei sistemi spaziali upstream. Gli algoritmi di machine learning vengono utilizzati per ottimizzare le operazioni in orbita, migliorare l'autonomia dei satelliti e gestire costellazioni sempre più complesse. I sistemi di controllo basati su AI permettono una gestione più efficiente delle risorse di bordo e una migliore risposta alle condizioni ambientali variabili.

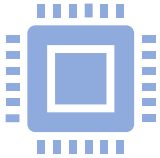
Focus: Parole di Tecnologia

Cos'è un Digital Twin?

Il digital twin, o gemello digitale, rappresenta una replica virtuale dinamica di un oggetto, processo o sistema fisico che permette di simularne e monitorarne il comportamento nel mondo reale.



Nel settore della propulsione, l'innovazione si sta muovendo su più fronti. Da un lato, lo sviluppo di sistemi di propulsione elettrica sta aprendo nuove possibilità per la mobilità in orbita e le missioni deep space. Dall'altro, la ricerca su propellenti green e sistemi riutilizzabili sta contribuendo a rendere l'accesso allo spazio più sostenibile ed economico. Particolare attenzione viene dedicata alle tecnologie di atterraggio preciso e di rendez-vous automatico, fondamentali per le future missioni di esplorazione.



La miniaturizzazione continua a essere un driver fondamentale, con lo sviluppo di tecnologie sempre più compatte ed efficienti. Questo trend ha portato alla proliferazione di piccoli satelliti e CubeSat, che stanno democratizzando l'accesso allo spazio e abilitando nuovi modelli di business. Le tecnologie di integrazione e testing si stanno evolvendo di conseguenza, con lo sviluppo di procedure e strumenti specifici per questi nuovi formati.



La crescente attenzione alla sostenibilità spaziale sta inoltre guidando lo sviluppo di tecnologie per il monitoraggio e la mitigazione dei detriti spaziali, così come soluzioni per il fine vita dei satelliti. Questo include sistemi di de-orbiting attivo, tecnologie per la cattura di detriti e materiali progettati per minimizzare la creazione di nuovi detriti.

Trend di Downstream

Anche il segmento downstream della space economy sta vivendo una trasformazione radicale, guidata dall'evoluzione delle tecnologie digitali e dalla crescente domanda di servizi basati su dati spaziali. Questa evoluzione sta ridefinendo il modo in cui i dati satellitari vengono elaborati, distribuiti e monetizzati, creando nuove opportunità di mercato e modelli di business innovativi.



Nel campo dell'analisi dei dati, l'integrazione di tecnologie di big data analytics con piattaforme cloud sta rivoluzionando la capacità di processare ed estrarre valore dall'enorme mole di dati satellitari disponibili. Un trend particolarmente significativo è l'emergere di soluzioni di "Space-as-a-Service", che democratizzano l'accesso ai dati e servizi satellitari attraverso modelli di business basati sul cloud. Questa evoluzione sta abbassando le barriere all'ingresso per nuovi attori nel mercato downstream, stimolando l'innovazione e la creazione di applicazioni verticali specializzate. L'intelligenza artificiale, in particolare attraverso algoritmi di deep learning, sta permettendo di automatizzare l'interpretazione delle immagini satellitari e identificare pattern complessi nei dati di osservazione della Terra. Queste capacità analitiche avanzate stanno abilitando applicazioni sempre più sofisticate in settori come l'agricoltura di precisione, il monitoraggio ambientale e la gestione delle risorse naturali.

Focus: Parole di Tecnologia

Cos'è l'approccio "as-a-Service"?

Il modello "as-a-Service" (aaS) rappresenta un paradigma di erogazione di risorse tecnologiche in cui capacità, funzionalità o infrastrutture vengono fornite come servizio attraverso il cloud, eliminando la necessità di possedere e gestire direttamente le risorse fisiche.
Le caratteristiche principali del modello as-a-Service sono:

- Pay-per-use: Gli utenti pagano solo per le risorse effettivamente utilizzate, riducendo significativamente i costi iniziali di investimento
- Scalabilità: Le risorse possono essere facilmente aumentate o diminuite in base alle necessità
- Accessibilità: I servizi sono fruibili da qualsiasi luogo attraverso connessioni internet
- Manutenzione semplificata: L'aggiornamento e la manutenzione sono gestiti dal fornitore del servizio



La connettività spaziale sta entrando in una nuova era con l'integrazione delle reti satellitari nelle infrastrutture di telecomunicazione terrestri. Le tecnologie di comunicazione ottica inter-satellitare stanno aumentando drasticamente la capacità di trasmissione dati, mentre l'integrazione con i sistemi 5G e il futuro 6G sta creando una rete di comunicazione globale seamless.



L'Internet of Space Things sta emergendo come paradigma per connettere dispositivi e sensori attraverso reti satellitari, abilitando applicazioni IoT anche nelle aree più remote del pianeta. In questo, l'edge computing sta assumendo un ruolo sempre più cruciale nel segmento downstream, permettendo l'elaborazione dei dati direttamente a bordo dei satelliti o in nodi edge vicini all'utente finale. Questa capacità riduce la latenza e i costi di trasmissione, aprendo la strada a servizi in tempo reale basati su dati satellitari.

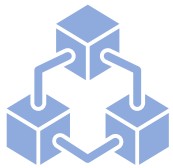
Focus: Parole di Tecnologia

Cos'è l'Edge Computing?

L'Edge Computing è un paradigma tecnologico che consiste nell'elaborare i dati il più vicino possibile alla fonte che li genera, cioè "al bordo" (edge) della rete, anziché trasmetterli a un data center o a un cloud centralizzato per l'elaborazione.



Il quantum computing, sebbene ancora in fase iniziale, promette di rivoluzionare la capacità di processare complessi dataset spaziali, particolarmente in ambiti come la crittografia e l'ottimizzazione delle reti di comunicazione.



La standardizzazione e l'interoperabilità stanno diventando priorità chiave, con lo sviluppo di API e protocolli comuni che facilitano l'integrazione dei servizi spaziali in applicazioni terrestri. Le piattaforme di marketplace stanno emergendo come punto di incontro tra fornitori di dati satellitari e sviluppatori di applicazioni, creando un ecosistema dinamico di servizi downstream. La blockchain sta trovando applicazione nella tracciabilità e certificazione dei dati satellitari, garantendo l'autenticità e la provenienza delle informazioni.

Focus: Parole di Tecnologia

Cos'è la Blockchain?

La blockchain è una tecnologia di registro distribuito che permette di registrare e tracciare transazioni in modo sicuro, trasparente e immutabile, senza la necessità di intermediari centrali.
Il principio di funzionamento si basa su una catena di blocchi di informazioni, dove ogni blocco contiene un insieme di transazioni ed è collegato crittograficamente ai blocchi precedenti. Una volta che una transazione viene registrata e validata dalla rete, non può essere modificata senza lasciare traccia, garantendo così un elevato livello di sicurezza e affidabilità.



Anche la cybersecurity sta assumendo un'importanza crescente, con lo sviluppo di soluzioni specifiche per proteggere le infrastrutture di terra e i flussi di dati satellitari da minacce cyber sempre più sofisticate. Parallelamente, stanno emergendo tecnologie per garantire la privacy e la conformità normativa nell'utilizzo dei dati satellitari, aspetto cruciale per l'adozione di massa di servizi basati su questi dati.

Bibliografia

Cavallo, A., & Paravano, A. (2021). *La Space Economy fra nuovi business e benefici sociali. Energia, ambiente e innovazione*, 3/2021. DOI: 10.12910/EAI2021-079

Italian Institute for the Future (2025). *Emerging Long-Term Megatrends: Dieci cambiamenti destinati a influenzare il nostro futuro.*

https://www.consilium.europa.eu/it/policies/eu-space-programme/

https://www.consilium.europa.eu/it/infographics/eu-in-space/#0

https://nova.space/in-the-loop/highlights-of-the-2024-space-economy/#:~:text=The%20space%20economy%20is%20projected,downstream%20solutions%20leveraging%20satellite%20data.

https://www.instituteforthefuture.it/megatrends/space-economy/

https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/space-the-1-point-8-trillion-dollar-opportunity-for-global-economic-growth

https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/industries/aerospace%20and%20defense/our%20insights/space%20the%201%20point%208%20trillion%20dollar%20opportunity%20for%20global%20economic%20growth/future-of-space-economy-paper-1.pdf?shouldIndex=false

https://www.mimit.gov.it/it/impresa/competitivita-e-nuove-imprese/space-economy

https://www.sace.it/docs/default-source/20210715-off-site/sace-focus-on-space-economy.pdf?sfvrsn=5e7ff5b9_1

https://space-economy.esa.int/article/33/what-is-the-space-economy


iFAB
INTERNATIONAL FOUNDATION
BIG DATA AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE
FOR HUMAN DEVELOPMENT


bi-rex
Big Data Innovation & Research Excellence


POLITECNICO
MILANO 1863
SCHOOL OF MANAGEMENT


osservatori.net
digital innovation


INFN
CATANIA


SPIN
Simplify Space Manufacturing


TITAN4


adaptronics
Grab Anything.

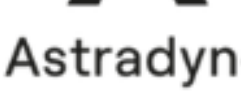

Rotonium




DYNAMICS


FAST


Evolunar


Astradyne


novac


orbital
KURS


SPACE
FRONTIER


AddyX

Per citare il report

Osservatorio sulle tendenze e le applicazioni del Supercalcolo (2024). "Osserv-azioni su... SPACE ECONOMY DEL FUTURO. Tendenze e applicazioni del Supercalcolo, Big Data e Quantum Computing". www.osservatorio.supercomputing-icsc.it

In concomitanza con il report, l'Osservatorio organizza un **webinar** sullo stesso tema. Il webinar ospita esperti, ricercatori e professionisti dell'innovazione che si interessano al tema in oggetto, per condividere casi d'uso e applicazioni future con la community.

Iscriviti o riguarda il webinar su
https://osservatorio.supercomputing-icsc.it/eventi/live-webinar-osserv-azioni-su-space-economy/

L'Osservatorio sulle tendenze e le applicazioni del Supercalcolo è un progetto del Centro Nazionale di Ricerca in High-Performance Computing, Big Data e Quantum Computing.

Realizzato e gestito da IFAB (International Foundation Big Data and Artificial Intelligence for Human Development), l'Osservatorio ha un focus privilegiato sulle PMI, sulle Pubbliche Amministrazioni e sulle Comunità.

L'attività dell'Osservatorio consiste nel mappare le più avanzate innovazioni tecnologiche, elaborare scenari futuri per lo sviluppo degli ecosistemi della ricerca e dell'innovazione e creare occasioni di incontro per i membri di questi ecosistemi.

Leggi questo e altri report su
www.osservatorio.supercomputing-icsc.it/report/