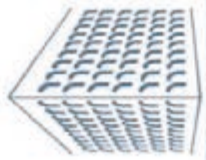


- 
- ▶ SMART CITY
  - ▶ LA SMART MOBILITY ED I NUOVI PARADIGMI DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILE
  - ▶ ABBRACCIARE IL FUTURO: IL RUOLO DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE IN INGEGNERIA
  - ▶ EVOLUZIONE E PROSPETTIVE FUTURE DELL'AEROSPAZIO

Foto: A. Spedizioni in abbonamento postale D.L. 353/03 70% Roma Aut. C/ROM/10/2014 - ISSN 2284-4333



io  
roma



**INGEGNER**



IN COPERTINA  
IMMAGINE DI REPERTORIO

RIVISTA  
DELL'ORDINE  
DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA  
DI ROMA



TRIMESTRALE  
ANNO XI - N. 2/2024



Ing. Massimo Cerri

La definizione di Smart City coniata dall'Unione Europea prevede città che, attraverso investimenti in infrastrutture tecnologicamente avanzate, si trasformino divenendo economicamente sostenibili, volano di una maggiore qualità della vita e di un uso più razionale delle risorse; città che si rinnovano a partire dalle strutture urbane già esistenti attraverso l'impiego delle tecnologie, al fine di ottenere economia, popolazione, governo, ambiente e mobilità intelligenti.

Una città intelligente trasforma le infrastrutture di servizio in luoghi di pregio; sfrutta i vuoti e manufatti abbandonati per reinserire funzioni che tradizionalmente respinge (discariche, parcheggi, sistemi di smaltimento acque, rifiuti, sistemi di produzione di energia), integrandole con le nuove attività di cui ha bisogno per rispondere ai problemi contemporanei.

Le infrastrutture, le componenti tecniche della città, si possono trasformare in elementi di architettura che ridisegnano i nostri paesaggi e diventano i simboli di nuove identità.

Le infrastrutture vanno quindi ripensate in un'ottica di sostenibilità globale, attribuendo loro anche funzioni attrattive e qualificanti, affinché non penalizzino alcuna comunità rispetto ad un'altra ed in modo che possano generare un valore economico-sociale senza gravare sull'ambiente.

In questo scenario si sta assistendo anche a un'evoluzione della mobilità. Tutti gli aspetti inerenti gli spostamenti possono essere programmati grazie al digitale: pianificazione del percorso, scelta del mezzo più idoneo. I nuovi modelli IT evidenziano quanto

individui, dati e oggetti possano muoversi in modalità più sicure, green ed economiche. I recenti dati in Italia evidenziano che il mercato delle Connected Car vale 1,92 miliardi di euro con 18 milioni di veicoli connessi, quasi metà del parco circolante.

A mutare è anche il mondo dei servizi. Aziende, PA e consumatori sono attratti dalle attività da poter svolgere da remoto su auto e veicoli smart, che risultano essere più predittivi e intelligenti, identificando gli utenti con le loro necessità. In questo scenario "l'identità digitale" è uno strumento essenziale per abilitare la smart mobility, una delle più grandi priorità per molti comuni italiani, di cui il 59% ha attivato progetti su questo tema.

Internet of Things (IoT), Big data e intelligenza artificiale (AI), insieme a tecnologie come 5G e Edge Computing, Blockchain, Bim, droni e Das (Distributed acoustic sensing), stanno rivoluzionando il settore del traffico stradale. In tale contesto, le società tecnologiche e gli ingegneri acquisiscono sempre maggiore importanza diventando partner delle società di trasporto. Le nuove tecnologie contribuiscono a convertire le strade convenzionali in ecosistemi intelligenti. Ci troviamo innanzi a una nuova mobilità che punta a migliorare l'esperienza del viaggiatore, riducendo le emissioni di CO2 e che, nel futuro, punterà a ridurre o addirittura eliminare gli incidenti stradali

I fornitori di servizi che offrono esperienze digitali relative alla mobilità possono ad oggi contare sulla sicurezza, la fiducia e l'interoperabilità dei sistemi garantita da: infrastrutture scalabili, strumenti certificati e condivisione di obiettivi.



**Ing. Massimo Cerri**  
*Presidente  
Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Roma*



Ing. Maria Elena D'Effremo

**S**mart city, città “intelligenti”, sono quelle città in cui i servizi sono più efficienti, in cui c'è maggiore attenzione alla qualità della vita, al corretto utilizzo delle risorse, alla capacità di attrarre, alla miglior gestione delle reti e dei trasporti, tutto ciò anche, ma non solo, attraverso l'utilizzo della tecnologia digitale.

Le smart cities sono caratterizzate da sei pilastri fondamentali, smart environment, smart mobility, smart governance, smart economy, smart people, smart living.

Roma, è una smart city?

Senz'altro Roma non è la città più smart d'Italia, ma non si colloca poi così male nel panorama nazionale. Oramai da alcuni anni, il progetto Roma Smart City mira a trasformare la città in un laboratorio a cielo aperto per la transizione digitale ed ecologica.

Probabilmente per Roma uno dei temi più complessi da affrontare è il tema della mobilità, la cosiddetta smart mobility, e su questo tema gli obiettivi fondamentali per Roma mirano a migliorare la connessione tra le diverse soluzioni di mobilità, rendere più sicure le strade e incentivare la mobilità “pulita”.

Sicuramente tra gli obiettivi principali attuali vi è quello di programmare il futuro della città con l'intenzione di farla diventare fra le smart city più avanzate d'Europa, puntando soprattutto al

miglioramento della rete tecnologica per permettere i servizi digitali più avanzati in tutti i settori necessari.

Il Giubileo 2025 sarà un bel banco di prova, ma si è consapevoli che i tempi sono strettissimi per poter vedere importanti cambiamenti nell'ottica di una gestione più smart della città, tuttavia occorre essere consapevoli che i lavori per migliorar la vivibilità della Capitale avanzano a passo costante. Nel 2023 è stata deliberata l'istituzione della Consulta Roma Smart City Lab, nel Marzo 2024 è stato approvato il Regolamento e sono stati eletti i 15 membri del Direttivo.

Augurandoci che i lavori dell'Amministrazione presente e futura e i lavori della Consulta Roma Smart City Lab portino a un'accelerazione del percorso che condurrà Roma a diventare una delle smart city più avanzate d'Europa, mi preme sottolineare come i pilastri fondamentali delle smart cities siano strettamente connessi ai diversi settori dell'ingegneria, dai trasporti all'informatica, all'ambiente e all'edilizia.

Non mi resta che augurarvi buona lettura, ricordandovi che nell'ottica di un approccio più agile e mirato alla condivisione, anche IO Roma si è dotata di una pagina LinkedIn, "IO Roma Rivista dell'Ordine Ingegneri della provincia di Roma", che vi invito a seguire, così come vi invito a consultare la pagina <https://ioroma.info/>.



Ing. Maria Elena D'Effremo  
Direttrice Editoriale

# IO ROMA

RIVISTA - ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

N. 2/2024 Trimestrale N. 40 Anno XI

## Direttrice Responsabile

Marialisa Nigro

## Direttrice Editoriale

Maria Elena D'Effremo

## Comitato di Redazione

### Sezione A

Massimo Cerri  
Silvia Torrani  
Micaela Nozzi  
Stefania Arangio  
Fabrizio Averardi Ripari  
Michele Colletta  
Alessandro Fuschiotto  
Marco Ghimenti  
Giorgio Martino  
Giovanni Nicolai  
Paolo Reale  
Mauro Villarini

### Sezione B

Alfredo Simonetti

## Amministrazione e redazione

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma  
Tel. 06 4879311 - Fax 06 487931223

## Direttore Artistico e Project Manager

Tiziana Primavera

## Assistenza Editoriale

Leonardo Lavallo  
Emanuela Cariani  
Antonio Di Sabatino

## Referente FOIR

Francesco Marinuzzi

## Stampa

PressUp

Iscritto al Registro della Stampa del Tribunale  
di Roma  
Il 22/11/2013, n. 262/2013

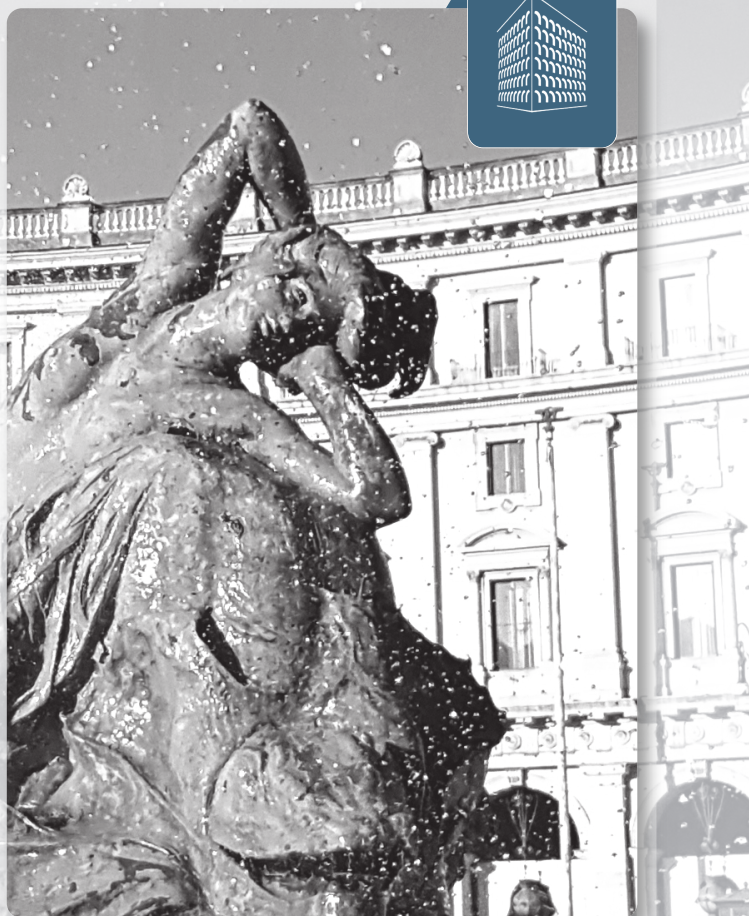
## Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma  
www.ording.roma.it  
segreteria@ording.roma.it  
editoriale@ording.roma.it

Finito di stampare: Agosto 2024



**MISTO**  
Carta da fonti gestite  
in maniera responsabile  
**FSC® C109382**



La redazione rende noto che i contenuti, i pareri e le opinioni espresse negli articoli pubblicati rappresentano l'esclusivo pensiero degli autori, senza per questo aderire ad esse. La Direzione declina qualsiasi responsabilità derivante dalle affermazioni o dai contenuti forniti dagli autori, presenti nei suddetti articoli.



# CONTENUTI



10

Smart City

*Ing. Aldo Menichelli*



20

La Smart Mobility ed i nuovi paradigmi della mobilità sostenibile

*Ing. Francesco Amendola, Ing. Mauro Antico, Ing. Angelo Bacino, Ing. Fabrizio Campanile, Ing. Lorenza Di Carlo, Ing. Stefania Di Serio, Ing. Giulia Felicetti, Ing. Sandro Francalanci, Ing. Massimo Gandolfo, Ing. Lorenzo Miozzi, Ing. Luca Ruggeri*



30

Abbracciare il futuro: il ruolo dell'intelligenza artificiale in ingegneria

*Ing. Patrizio Tardiolo Bonifazi*

## FOCUS



48

Evoluzione e Prospettive Future dell'Aerospazio

*Ing. Giovanni Nicolai*







a cura di:  
**ING. A. MENICHELLI**

Revisionato da:  
**ING. M. SIMONI**

Commissione:  
**SMART CITY-FARM & IOT**



# SMART CITY

## Introduzione

Nell'era digitale, il concetto di "smart city" è emerso come una visione rivoluzionaria per il futuro urbano. Queste città, equipaggiate con la più recente tecnologia, mirano a migliorare la qualità della vita dei loro abitanti, massimizzando l'efficienza in tutti gli aspetti della vita cittadina. Al centro di questa trasformazione vi è l'adozione di soluzioni innovative che spaziano dalla gestione intelligente delle risorse alla mobilità sostenibile, dall'ottimizzazione dei servizi pubblici all'inclusione sociale. In un mondo dove la popolazio-

ne urbana è in costante crescita, le smart city rappresentano una risposta fondamentale alle sfide poste dall'urbanizzazione accelerata, come il sovraffollamento, l'inquinamento e la gestione efficiente delle infrastrutture. La loro evoluzione è guidata da tecnologie avanzate come l'Internet delle Cose (IoT), l'intelligenza artificiale (AI), la big data analytics e le reti di comunicazione di nuova generazione, come il 5G. Queste tecnologie non solo migliorano la gestione e l'operatività urbana ma aprono anche nuove possibilità per un dialogo più attivo tra cittadini e governi locali.

Le smart city di oggi non sono solo un laboratorio di innovazione tecnologica; sono altresì un terreno fertile per lo sviluppo di soluzioni sostenibili e inclusive che pongono i cittadini al centro del processo di pianificazione urbana. Da qui emergono domande cruciali: come possono le smart city bilanciare progresso tecnologico e sostenibilità? In che modo possono garantire che i benefici delle innovazioni tecnologiche siano accessibili a tutti? La risposta a queste domande plasmerà il futuro delle nostre città e, di conseguenza, della società nel suo complesso.



Figura 1

## 1. Tecnologia e Infrastruttura

Le smart city sono il prodotto di una rivoluzione tecnologica senza precedenti, che trova le sue fondamenta in una serie di innovazioni chiave. Al centro

di questa trasformazione vi è l'Internet delle Cose (IoT), che permette una connessione e interazione costante tra dispositivi, infrastrutture urbane e cittadini. Sensori intelligenti distribuiti in

tutta la città raccolgono dati in tempo reale su traffico, qualità dell'aria, consumo energetico e molto altro, consentendo una gestione urbana più reattiva e informata.



Parallelamente, l'intelligenza artificiale (AI) trasforma questi dati in azioni concrete. Algoritmi avanzati analizzano le informazioni raccolte per ottimizzare il traffico, ridurre il consumo energetico e prevedere le esigenze infrastrutturali. L'AI non solo migliora l'efficienza operativa delle città, ma contribuisce anche a rendere i servizi pubblici più personalizzati e orientati al cittadino.

Un altro pilastro fondamentale è rappresentato dalle reti di comunicazione di nuova generazione, come il 5G. Queste tecnologie, oltre ad offrire connettività ad alta velocità, permettono anche una comunicazione quasi istantanea tra dispositivi. Ciò è essenziale per applicazioni come i veicoli autonomi e i sistemi di gestione del traffico in tempo reale, che richiedono una trasmissione rapida e affidabile dei dati.

Le smart city stanno, inoltre, adottando piattaforme digitali integrate per la gestione urbana. Queste piattaforme unifi-

cano vari servizi, dalla gestione dei rifiuti all'illuminazione pubblica, permettendo un controllo centralizzato e più efficace. La centralizzazione dei dati e dei servizi aumenta l'efficienza e rende più agevole per i cittadini interagire con il governo locale, migliorando così la trasparenza e la partecipazione civica.

Tuttavia, con l'avanzamento tecnologico emergono anche sfide significative. La sicurezza informatica diventa una preoccupazione primaria, poiché le infrastrutture urbane sempre più connesse diventano potenziali bersagli per attacchi informatici. Allo stesso tempo, la gestione dei dati personali e la privacy dei cittadini richiedono una regolamentazione attenta e misure di protezione rigorose.

In conclusione, la tecnologia e l'infrastruttura delle smart city stanno ridefinendo il modo in cui viviamo e interagiamo con il nostro ambiente urbano. Queste innovazioni promettono non solo una maggiore efficienza

e comodità, ma anche città più resilienti e capaci di affrontare le sfide del futuro. Le smart city non sono più solo una visione futuristica; stanno diventando una realtà tangibile, con il potenziale di trasformare radicalmente la vita urbana per milioni di persone.

## 2. Sostenibilità e Ambiente

La sostenibilità è un pilastro fondamentale nel concetto di smart city, con l'obiettivo di creare un ambiente urbano che possa sostenere le generazioni presenti e future. Le smart city affrontano questa sfida attraverso l'adozione di tecnologie e politiche volte a ridurre l'impatto ambientale e a promuovere uno sviluppo urbano sostenibile.

Uno degli aspetti chiave è l'utilizzo di energie rinnovabili. Molte smart city stanno integrando fonti di energia solare, eolica e geotermica nei loro sistemi energetici. Questo passaggio dalle fonti fossili alle rinnovabili riduce l'emissione di gas serra e contribuisce a creare un siste-

ma energetico più resiliente e autonomo. Inoltre, l'implementazione di microreti intelligenti consente una gestione più efficiente dell'energia, ottimizzando la produzione e la distribuzione in base alla domanda effettiva. Un altro aspetto fondamentale è la gestione efficiente delle risorse idriche. Le smart city utilizzano tecnologie avanzate per monitorare e controllare l'uso dell'acqua, riducendo gli sprechi e migliorando la qualità dell'acqua. Ciò include la raccolta e l'analisi dei dati sull'uso dell'acqua, nonché l'implementazione di sistemi di irrigazione intelligenti e il riutilizzo delle acque reflue.

La gestione dei rifiuti nelle smart city viene anch'essa ottimizzata attraverso l'uso di tecnologie avanzate. Sistemi di raccolta dei rifiuti intelligenti, che possono

includere sensori per monitorare il livello dei rifiuti e ottimizzare i percorsi di raccolta, contribuiscono a ridurre l'impatto ambientale e a migliorare l'efficienza del servizio. Inoltre, l'incoraggiamento al riciclaggio e alla riduzione dei rifiuti alla fonte gioca un ruolo cruciale nel minimizzare l'impatto ambientale.

Le smart city stanno adottando soluzioni di mobilità sostenibile per ridurre l'inquinamento atmosferico e acustico. Ciò include la promozione dei trasporti pubblici, lo sviluppo di infrastrutture per biciclette e veicoli elettrici, e l'introduzione di zone a traffico limitato. Queste iniziative oltre a contribuire ad un ambiente più pulito, migliorano anche la qualità della vita urbana.

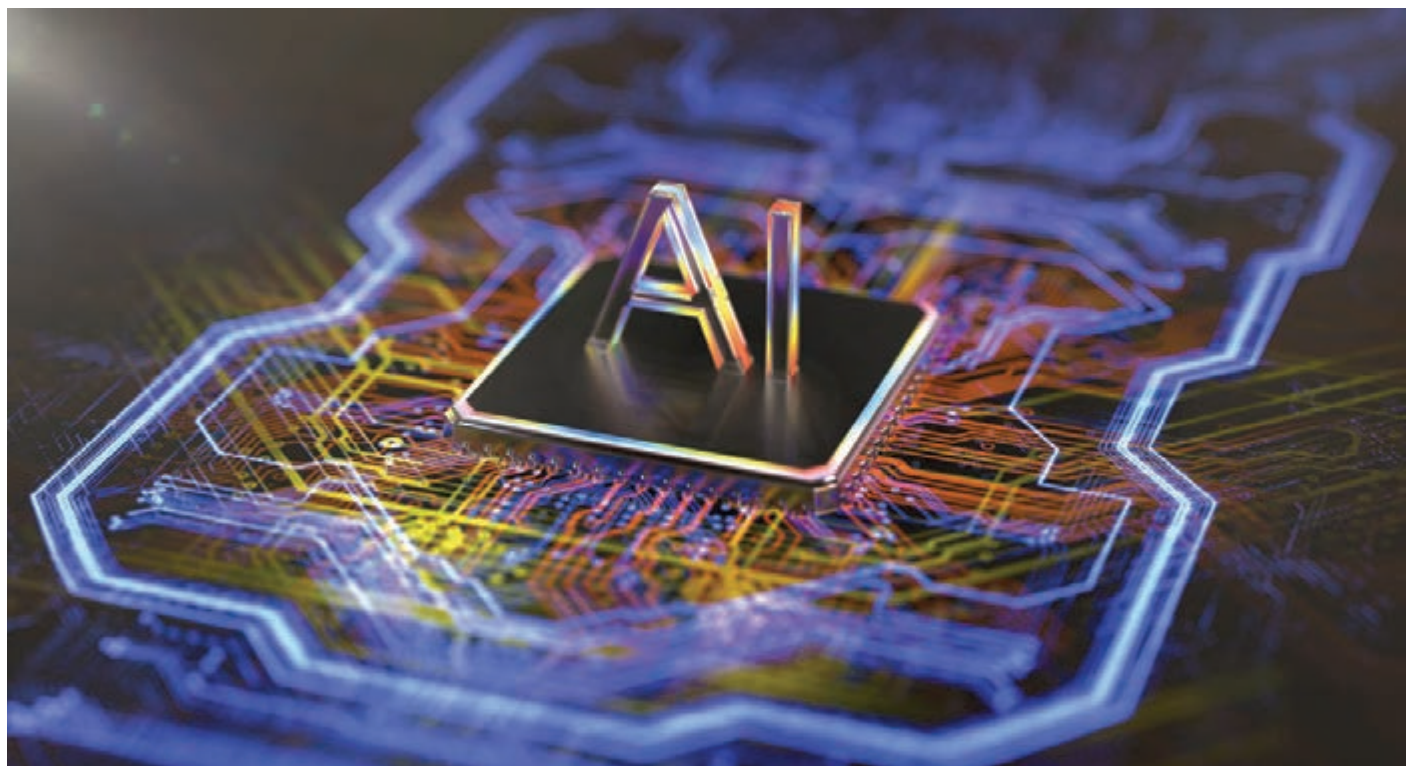
Infine, la creazione di spazi verdi urbani è un altro aspetto fondamentale delle smart city

sostenibili. Parchi, giardini e altre aree verdi offrono spazi ricreativi per i cittadini e svolgono anche un ruolo importante nel migliorare la qualità dell'aria e nel contrastare l'effetto isola di calore urbano.

In conclusione, le smart city rappresentano la frontiera dell'urbanizzazione sostenibile. Attraverso l'adozione di tecnologie innovative e politiche ambientali proattive, queste città stanno definendo un nuovo standard per lo sviluppo urbano, uno che rispetta e protegge l'ambiente, garantendo al contempo una qualità della vita elevata per i suoi abitanti.

### **3. Innovazioni nel Trasporto**

Le smart city stanno ridefinendo il concetto di mobilità urbana attraverso l'integrazione di tecnologie innovative, con l'obiet-





tivo di rendere i trasporti più efficienti, sostenibili e accessibili. Queste innovazioni non solo migliorano la qualità della vita urbana, ma contribuiscono anche a ridurre l'impatto ambientale dei sistemi di trasporto.

Un elemento fondamentale in questo ambito è lo sviluppo dei veicoli autonomi. Questi veicoli, guidati da sistemi avanzati di intelligenza artificiale, promettono di ridurre drasticamente il numero di incidenti stradali, causati per lo più da errori umani. Inoltre, la loro capacità di ottimizzare i percorsi e ridurre i tempi di viaggio può significare un notevole miglioramento dell'efficienza del traffico urbano.

I sistemi di trasporto pubblico nelle smart city stanno vivendo una vera e propria trasformazione grazie all'adozione di tecnologie come l'Internet delle

Cose e la big data analytics. Questi strumenti permettono di monitorare e gestire in tempo reale flotte di autobus, treni e tram, migliorando la frequenza e l'affidabilità dei servizi. L'introduzione di app di mobilità integrata consente ai cittadini di pianificare i loro spostamenti in modo più efficiente, combinando diverse modalità di trasporto in un unico viaggio.

Le smart city stanno anche promuovendo la mobilità sostenibile attraverso l'incoraggiamento all'uso di biciclette e veicoli elettrici. Questo non solo riduce l'inquinamento atmosferico, ma contribuisce anche a decongestionare il traffico. L'installazione di infrastrutture dedicate, come piste ciclabili e stazioni di ricarica per veicoli elettrici, è fondamentale per supportare queste alternative di trasporto.

Un altro aspetto importante è l'integrazione dei sistemi di trasporto. Le smart city stanno lavorando per creare sistemi di trasporto multimodali in cui i diversi mezzi di trasporto pubblico e privato sono interconnessi e facilmente accessibili. Ciò non solo migliora l'esperienza di viaggio dei cittadini, ma contribuisce anche a ridurre la dipendenza dalle automobili private. Infine, è importante sottolineare l'impiego di soluzioni di trasporto intelligenti per il trasporto merci. Sistemi di consegna automatizzati e l'uso di droni per le consegne urbane sono solo alcuni esempi di come le smart city stanno innovando anche in questo settore, contribuendo a ridurre il traffico e migliorare l'efficienza logistica.

In conclusione, le innovazioni nel trasporto nelle smart city





rappresentano un passo fondamentale verso un futuro più sostenibile e connesso. Queste soluzioni, oltre ad affrontare le sfide attuali del trasporto urbano, aprono anche la strada a nuove possibilità per una mobilità urbana più intelligente e integrata.

#### 4. Impatto Sociale e Urbano

Le smart city non sono solo un esercizio di innovazione tecnologica, hanno anche un impatto profondo e diretto sulla società e sulla vita urbana. Queste città intelligenti mirano a migliorare l'efficienza, la sostenibilità e la qualità della vita dei cittadini, influenzando vari aspetti sociali e urbani.

Uno degli impatti più significativi delle smart city è sulla partecipazione civica. Grazie alla tecnologia, i cittadini hanno più opportunità di interagire con il governo locale e di partecipare attivamente al processo decisionale. Piattaforme online e app

mobili permettono ai cittadini di segnalare problemi, proporre idee e partecipare a sondaggi. Questo aumenta la trasparenza e incoraggia un maggiore coinvolgimento della comunità nelle politiche urbane.

Inoltre, le smart city puntano a ridurre la disuguaglianza urbana attraverso l'accesso a servizi migliorati. Con l'implementazione di tecnologie intelligenti nella fornitura di servizi essenziali come sanità, istruzione e sicurezza pubblica, si mira a garantire che questi servizi siano accessibili a tutti i cittadini, indipendentemente dal loro background socioeconomico. Ad esempio, sistemi di telemedicina avanzati possono fornire assistenza sanitaria di alta qualità anche nelle aree più remote. Le smart city stanno anche affrontando la sfida dell'inclusione sociale. Ciò include l'integrazione di soluzioni tecnologiche che rendono la città accessibile a persone con disabilità, anziani e

altri gruppi vulnerabili. Ad esempio, l'implementazione di sistemi di navigazione urbana per non vedenti e segnaletica intelligente può aiutare a creare un ambiente urbano più inclusivo.

Un altro aspetto importante è l'impiego di soluzioni urbane intelligenti per migliorare la sicurezza pubblica. Con l'uso di telecamere di sorveglianza intelligenti e sistemi di analisi dei dati, le smart city possono prevenire il crimine e rispondere rapidamente a situazioni di emergenza, migliorando così la sicurezza complessiva dei cittadini.

Le smart city hanno un impatto significativo sull'urbanistica e sull'architettura. L'uso di tecnologie avanzate e dati analitici consente di progettare spazi urbani che non solo sono esteticamente gradevoli, ma anche funzionali, sostenibili e adattabili alle esigenze in continua evoluzione dei cittadini.

In conclusione, l'impatto sociale e urbano delle smart city va



ben oltre la semplice implementazione di tecnologie avanzate. Esso riguarda la creazione di un ambiente urbano che sia equo, inclusivo e orientato al benessere dei suoi abitanti, riflettendo una visione olistica dello sviluppo urbano.

### 5. Casi di Studio: Città Pioniere

Le smart city non sono più solo un concetto teorico; molte città in tutto il mondo stanno già implementando soluzioni innovative per diventare più intelligenti e sostenibili. Ecco alcuni esempi di città che si sono distinte come pionieri nel campo delle smart city:

1. Singapore è spesso citata come uno degli esempi più avanzati di smart city al mondo. La città-stato ha investito massicciamente in tecnologia per migliorare tutto, dalla gestione del traffico alla sostenibilità ambientale. Il progetto "Smart Nation" di Singapore mira a sfruttare la tecnologia digitale per

creare un'economia più produttiva e una società più inclusiva. Un esempio notevole è il loro sistema di gestione del traffico, che utilizza sensori e analisi dei dati per ridurre la congestione e ottimizzare i tempi di percorrenza;

2. Amsterdam, Paesi Bassi è all'avanguardia nell'uso di soluzioni sostenibili per migliorare la vita urbana. Il progetto "Amsterdam Smart City" si concentra su iniziative come la mobilità sostenibile, l'efficienza energetica e l'infrastruttura digitale. Ad esempio, Amsterdam ha implementato un ampio sistema di piste ciclabili e ha incoraggiato l'uso di veicoli elettrici, riducendo così l'inquinamento atmosferico e acustico;

3. Dubai, Emirati Arabi Uniti sta puntando a diventare una delle città più intelligenti al mondo. Il piano "Smart Dubai" include iniziative come la "Blockchain Strategy", che mira a rendere Dubai la prima città al mon-

do ad essere alimentata dalla blockchain (sono già stati implementati 24 casi d'uso della blockchain in otto settori chiave, fra cui finanza, istruzione, immobiliare e altri). Dubai sta anche esplorando l'uso di veicoli senza pilota per i trasporti pubblici e i servizi di consegna;

4. Barcellona, Spagna ha adottato un approccio integrato allo sviluppo delle smart city, con un'enfasi particolare sulla tecnologia IoT. La città ha implementato una varietà di sensori per monitorare e gestire l'illuminazione pubblica, il traffico e anche il sistema di irrigazione dei parchi pubblici. Questo ha portato ad un miglioramento dell'efficienza energetica e ad una gestione più sostenibile delle risorse idriche;

5. Stoccolma, Svezia si sta concentrando sulla sostenibilità ambientale come parte della sua strategia di smart city. Il progetto "Stockholm Royal Seaport" mira a diventare uno dei

più grandi distretti urbani sostenibili al mondo. La città sta inoltre implementando soluzioni di energia rinnovabile e sistemi di riscaldamento e raffreddamento ecologici. Questi casi di studio dimostrano

come le smart city stiano adottando soluzioni tecnologiche innovative per affrontare le sfide urbane. Ognuna di queste città ha adottato un approccio unico alle smart city, personalizzando le soluzioni in base alle pro-

prie esigenze e obiettivi. Questi esempi offrono preziose lezioni e ispirazioni su come le tecnologie possono essere utilizzate per migliorare la vita urbana, rendendo le città più efficienti, sostenibili e vivibili.

Città	IoT e Sensoristica	Energie Rinnovabili	Mobilità Sostenibile	Gestione dei Rifiuti	Sicurezza e Sorveglianza
Singapore	Elevata	Moderata	Avanzata	Avanzata	Elevata
Amsterdam	Moderata	Avanzata	Elevata	Moderata	Moderata
Dubai	Elevata	Elevata	Moderata	Elevata	Elevata
Barcellona	Elevata	Moderata	Avanzata	Avanzata	Moderata
Stoccolma	Moderata	Elevata	Elevata	Moderata	Moderata
Roma	Moderata	Moderata	Moderata	Moderata	Moderata
Milano	Moderata	Moderata	Elevata	Moderata	Moderata

Tabella 1 - Confronto delle Tecnologie Implementate

Città	Riduzione Emissioni CO2	Uso di Energie Rinnovabili	Gestione Sostenibile dell'Acqua	Aree Verdi Urbane	Partecipazione Cittadina
Singapore	Medio	Alto	Alto	Medio	Alto
Amsterdam	Alto	Alto	Medio	Alto	Medio
Dubai	Medio	Medio	Alto	Medio	Medio
Barcellona	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto
Stoccolma	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Roma	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio
Milano	Alto	Medio	Medio	Medio	Alto

Tabella 2 - Confronto degli Obiettivi di Sostenibilità

## Conclusione

Le smart city rappresentano una svolta fondamentale nel modo in cui concepiamo e viviamo gli spazi urbani. Con l'integrazione di tecnologie avanzate, queste città stanno affrontando sfide complesse, migliorando l'efficienza, la sostenibilità e la qualità della vita. L'impatto di queste innovazioni va ben oltre la semplice automazione; esse stimolano una partecipazione più attiva

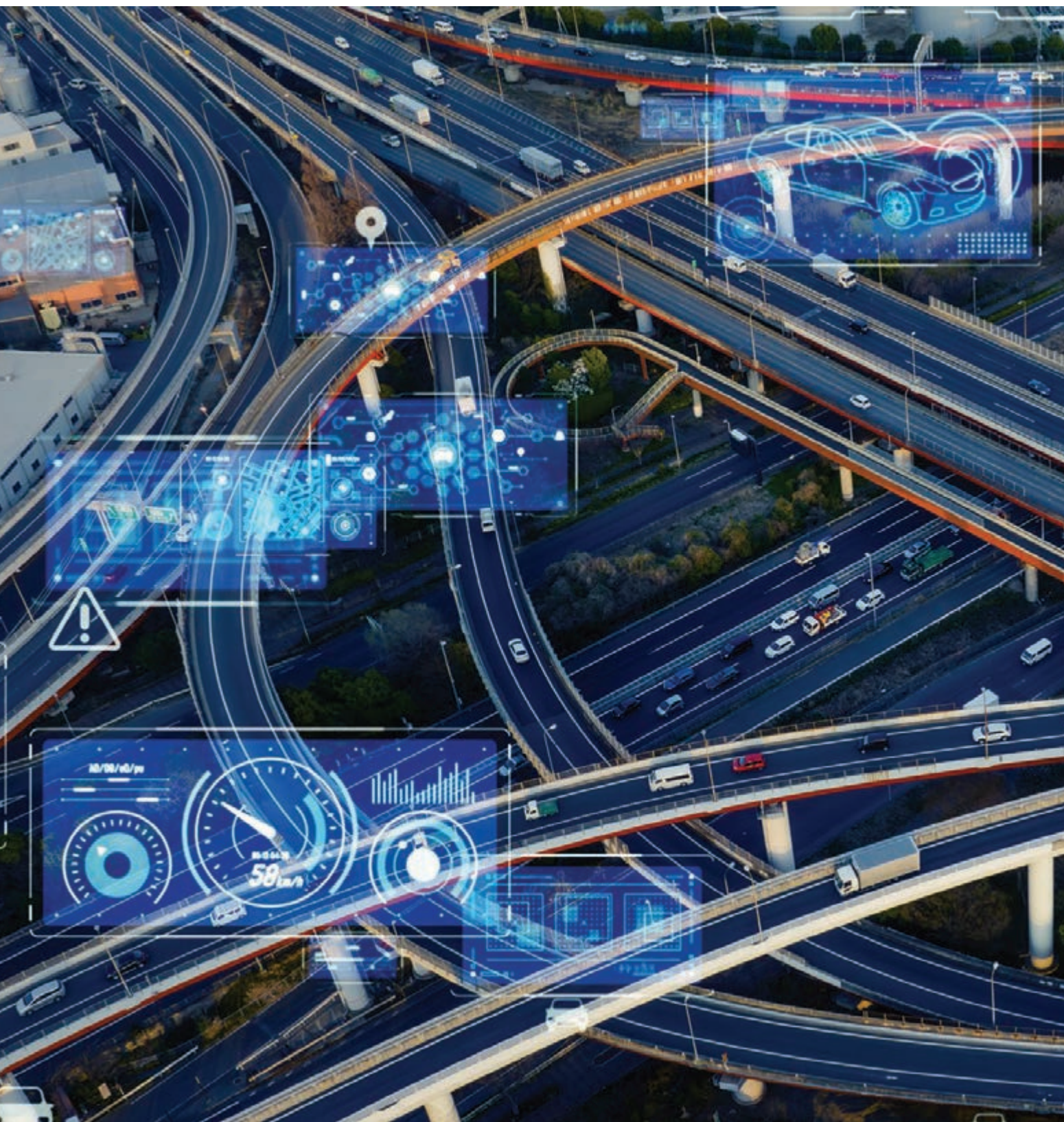
dei cittadini, promuovono l'equità sociale e pongono le basi per un futuro più sostenibile.

Guardando avanti, il potenziale delle smart city è immenso. L'evoluzione continua delle tecnologie come l'AI, l'IoT e la big data offrirà nuove opportunità per rendere le città ancora più intelligenti e reattive alle esigenze dei loro abitanti. Tuttavia, è fondamentale che questo sviluppo sia guidato da un approccio

olistico, che tenga conto non solo degli aspetti tecnologici ma anche degli impatti sociali, ambientali ed economici.

In conclusione, le smart city non sono solo un orizzonte tecnologico da esplorare; sono una visione integrata e multidimensionale dello sviluppo urbano, un modello che può guidare le nostre città verso un futuro più resiliente, inclusivo e sostenibile.







a cura di:

ING. F. AMENDOLA, ING. M. ANTICO, ING. A. BACINO,  
ING. F. CAMPANILE, ING. L. DI CARLO, ING. S. DI SERIO  
ING. G. FELICETTI, ING. S. FRANCALANCI, ING. M. GANDOLFO,  
ING. L. MIOZZI, ING. L. RUGGERI

Revisionato da:  
ING. MASSIMILIANO SIMONI

Commissione:  
SMART MOBILITY

## LA SMART MOBILITY ED I NUOVI PARADIGMI DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILE

La Smart Mobility è il nuovo paradigma che interessa il settore della mobilità e dei trasporti: è un nuovo modo di concepire, organizzare ed erogare i servizi, reso possibile dalle nuove tecnologie digitali.

Proprio grazie alla sempre maggiore diffusione e adozione di tali tecnologie è possibile realizzare nuove forme di erogazione dei servizi di trasporto e nuove soluzioni di mobilità ispirate ai principi di:

- flessibilità e semplificazione;
- accessibilità ed inclusività;
- sostenibilità, per l'utente e per l'ambiente.

Rientrano nell'ambito della Smart Mobility soluzioni innovative sia sul fronte tecnologico che su quello dei modelli di business, quali ad esempio:

- la mobilità on-demand mediante sharing di veicoli ed App di prenotazione e pagamento di servizi di trasporto pubblico e collettivo, erogati anche da operatori privati, e che segua la rivoluzione copernicana e customer-centrica del MaaS (Mobility-as-a-Service);
- le più evolute soluzioni di Smart Road e guida autonoma, incluse le nuove po-

tenzialità offerte dai veicoli elettrici (in primis la Vehicle-to-Grid o V2G).

Le più recenti ed innovative tecnologie, quali ad esempio quelle alla base degli ITS (Intelligent Transport Systems) o quelle abilitanti per l'Industria 4.0 come l'Internet of Things (IoT), la blockchain e l'Intelligenza Artificiale consentono di realizzare nuovi servizi, su misura dell'utente e sostenibili per l'ambiente.

Di seguito si prenderanno in considerazione alcune delle più interessanti evoluzioni che stanno interessando questo settore, evidenziando quali benefici si ri-







escano ad ottenere per i singoli individui, per l'intera collettività e per l'ambiente.

Un primo esempio di innovazione derivante dall'applicazione delle tecnologie digitali è relativo alle Smart Road, ovvero le infrastrutture stradali intelligenti che consentono una interazione con le Smart Car che transitano su di esse per acquisire dati e restituire informazioni in tempo reale su traffico, indicazioni sulla presenza di cantieri o di incidenti o sulle condizioni meteorologiche, localizzazione delle colonnine di ricarica e molto altro, ovvero per erogare i servizi "Cooperati-

ve-ITS" (C-ITS) tra cui spiccano i V2V (Vehicle-To-Vehicle) e i V2I (Vehicle-to-Infrastructure).

I principali vantaggi attesi dalle Smart Road sono appunto:

- l'aumento della sicurezza e del comfort di guida;
- l'incremento dell'efficienza nella gestione del traffico, una maggiore interoperabilità, una riduzione dell'inquinamento legata soprattutto alla riduzione dei tempi di percorrenza;
- il miglioramento della gestione della manutenzione stradale.

Un altro ambito che ha benefi-

ciato delle innovazioni tecnologiche è quello delle Centrali del Traffico Urbano che, seguendo i modelli dei sistemi ITS, offrono funzionalità avanzate di:

- gestione centralizzata e adattiva dei semafori (priorità semaforica);
- videosorveglianza del traffico, con estensione a finalità di security e safety urbana;
- sviluppo della sostenibilità del traffico (es. mediante ZTL, corsie TPL, etc.), oltre che della sicurezza (es. rispetto dei limiti di velocità, controllo del passaggio con il rosso, etc.);



- informazione sul traffico ed Infomobilità;
- monitoraggio del traffico mediante sensori presenti sulle infrastrutture stradali, o con i dati trasmessi dai veicoli stessi (Floating Car Data).

Grazie ai dati (Big Data) acquisiti, la Centrale del Traffico diventa il fulcro della mobilità per l'utente, in grado di assisterlo in ogni tipo di spostamento.

Per consentire la trasmissione di questi Big Data in tempo pressoché reale, in maniera sicura ed efficiente, è fondamentale avvalersi delle reti mobili di ultima generazione, tra cui quelle 5G, secondo il modello del "always connected, everyone, everywhere": infatti le implementazioni più avanzate consentiranno una reale mobilità *seamless*, tramite segnalazione e latenze ottimizzate,

che non solo aumenteranno la qualità del servizio per l'utente, ma consentiranno di ottenere risparmi in termini di risorse computazionali ed energetiche.

Altro aspetto innovativo e disruptive è il nuovo concetto di mobilità derivante dall'adozione del paradigma MaaS (Mobility-as-a-Service), ovvero della mobilità intesa come servizio con il cliente al centro dell'ecosistema trasporti. MaaS significa integrare molteplici servizi di trasporto pubblici e privati in un unico servizio, accessibile via smartphone, grazie ad una piattaforma abilitante e ad un unico sistema di pagamento, capace di rispondere in modo personalizzato a tutte le specifiche esigenze di mobilità, per offrire una reale alternativa all'utilizzo del mezzo privato: il tutto in un'unica App per l'utente e una

complessa piattaforma tecnologica per l'operatore.

Questa piattaforma consentirà di:

- pianificare in modo multimodale integrando diversi mezzi di trasporto, offrendo agli utenti opzioni personalizzate per spostarsi da un punto all'altro con facilità;
- offrire un sistema di pagamento unico e versatile, sia per utenti privati che business;
- erogare il monitoraggio in tempo reale dei servizi offerti, per informare tempestivamente gli utenti in caso di imprevisti, proponendo alternative.

E proprio con l'obiettivo di combattere i cambiamenti climatici, garantire la sostenibilità e ridurre le emissioni inquinanti locali,



sempre più si punta all'utilizzo di veicoli elettrici per l'offerta di sharing mobility all'interno delle soluzioni MaaS. Questo perché la tecnologia consente di semplificare enormemente le operazioni da parte degli utenti, che di fatto potranno gestire il tutto tramite un'unica App, ed allo stesso tempo consente anche di indirizzare le scelte degli utenti verso le soluzioni che risultano più vantaggiose per l'ambiente o per la società.

Analizzando l'ambito dei pagamenti elettronici, tra i servizi maggiormente in evoluzione si annoverano l'utilizzo delle carte di credito come alternativa al titolo di viaggio (EMV Transit) ed il "mobile ticketing".

Per quanto riguarda l'EMV Transit, con l'utilizzo delle carte di pagamento (credito o debito) per accedere al sistema tra-

sporti al posto dei tradizionali biglietti o tessere in abbonamento, si assiste all'evoluzione da sistemi chiusi (closed loop) basati su titoli (ticket based) a sistemi open loop di tipo account based. Grazie a questa soluzione l'utente non dovrà più preoccuparsi di individuare quale sia il miglior titolo di viaggio per le proprie esigenze, né di acquistarlo prima di partire, in quanto sarà la piattaforma tecnologica a calcolare ed addebitare in automatico ed a posteriori la miglior tariffa, basandosi sui passaggi della carta di pagamento che sono stati registrati. Oltre ad una esperienza d'uso estremamente semplificata, i benefici che si riscontrano sono anche relativi ad un impatto ambientale positivo derivante dalla riduzione di carta o plastica per biglietti o abbonamenti che non

occorre più produrre. Inoltre, il sistema risulta più robusto ai tentativi di frode o falsificazione. Il mobile ticketing invece, permette di acquistare i biglietti pagando col credito telefonico (per i mezzi, per la sosta, per l'accesso alle ZTL, etc.). Si rivolge inclusivamente a tutti i cittadini, anche a quelli che non possiedono una carta di credito (ancora circa il 50% degli aventi diritto) o che non vogliono usarla per l'acquisto di titoli digitali. Grazie ad una strettissima regolamentazione e all'ingegnerizzazione dell'integrazione dei vari attori coinvolti (aziende di trasporto, integratori, operatori telefonici, etc.) per fruire del servizio è sufficiente l'invio e la ricezione di un semplice SMS, che contiene tutte le informazioni controllate e sicure relativamente al titolo digitale acquistato.

Per quanto attiene all'adozione delle più recenti ed innovative tecnologie nell'ambito della Smart Mobility, non si può non citare la potenzialità ed i casi d'uso derivanti dalle Distributed Ledger Technologies (DLT), tra cui spicca la blockchain.

La blockchain è una tecnologia che consente la registrazione sicura e trasparente di transazioni o informazioni in un registro distribuito che garantisce caratteristiche di immutabilità, decentralizzazione, sicurezza e trasparenza. Nell'ambito della

Smart Mobility, l'integrazione con Internet-of-Things (IoT), Big Data e Artificial Intelligence può generare i seguenti benefici:

- aumentare l'efficienza di un ecosistema mediante l'utilizzo di piattaforme interoperabili;
- aumentare la sostenibilità attraverso la creazione di modelli di business che mirano ad incentivare l'utilizzo di energia green;
- garantire la sicurezza nella gestione e nella condivisione dei dati.

Tra le possibili applicazioni legate a tematiche di Smart Mobility, la blockchain svolge un ruolo importante nella gestione e nella condivisione dei dati relativi alla mobilità, come informazioni sul traffico, posizioni GPS, flussi di passeggeri ecc. La blockchain può consentire una gestione sicura e tracciata di questi dati, garantendo la privacy degli utenti e consentendo la condivisione selettiva delle informazioni tra le parti interessate. Ciò può generare un miglioramento della pianificazione del trasporto, dell'otti-

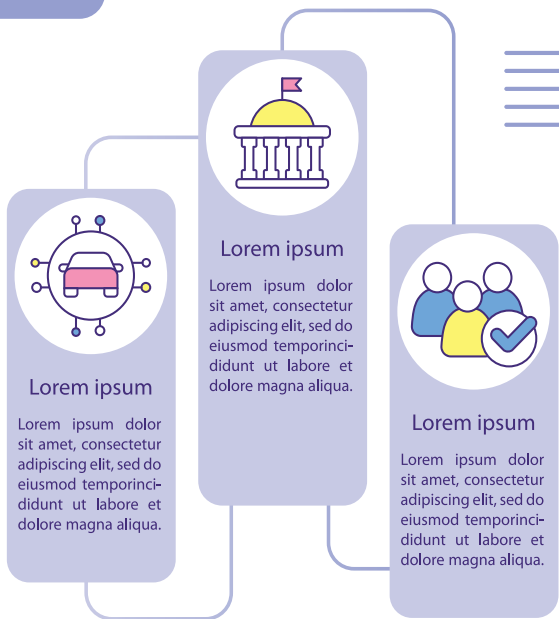
The infographic is divided into two main sections. The left section, titled 'MAAS MODELS', features a header with a tree diagram, a hand holding an information icon with a red 'X', a magnifying glass over a bar chart, a smartphone, and a tablet with a pie chart. Below the header is the title 'MAAS MODELS' and a paragraph of placeholder text. At the bottom of this section are three icons: a bar chart with arrows, a smartphone with a bus icon, and a gear over a stack of papers. Below these icons are two lines of placeholder text and two phone numbers: '+0 (000) 000-00-00' and '+0 (000) 000-00-00'. The right section, titled 'CLOSED MAAS MODEL', has a header with the title in large bold letters. It contains three rounded rectangular boxes, each with an icon and a paragraph of placeholder text. The icons are: a car with a vertical line through it, a document with an information icon and a lock, and a blue padlock. At the bottom of this section is a paragraph of placeholder text and a blue padlock icon.

mizzazione delle rotte e di nuovi modelli di business basati sui dati. Più in generale, per affrontare in modo sistematico e strutturato gli aspetti di cybersecurity relativamente ad infrastrutture critiche come quelle dei trasporti, l'Unione Europea ha emanato prima la Direttiva NIS (Network and Information Security), quindi la NIS2 (Direttiva UE 2022/2555) la quale, entrata in vigore il 16 gennaio 2023, dovrà essere recepita con decreti attuativi di ogni singolo paese membro entro il prossimo ottobre 2024. At-

traverso questa Direttiva, l'Unione Europea mira a migliorare la sicurezza informatica all'interno del suo perimetro, promuovendo standard elevati di sicurezza informatica al fine di proteggere le infrastrutture tecnologiche digitali dalle minacce cibernetiche nonché garantire la sicurezza dei dati personali dei cittadini europei coinvolgendo istituzioni ed aziende ritenute critiche, essenziali ed importanti nell'erogazione dei propri servizi alla collettività. Tornando alla blockchain, un'al-

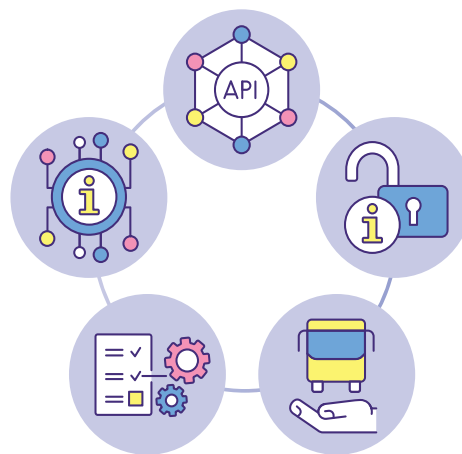
tra tematica in cui tale tecnologia può avere un impatto significativo, è la creazione di modelli peer-to-peer per la condivisione di veicoli o per l'offerta di servizi di mobilità. Mediante la blockchain, gli utenti possono condividere facilmente i propri veicoli con altri utenti (fino alla possibilità di proprietà frazionata del veicolo), rendendo l'uso delle risorse più efficiente e riducendo la necessità di utilizzare un'auto privata. Inoltre, i pagamenti per l'utilizzo dei veicoli o dei servizi di mobilità potrebbero essere

## LIBERAL MAAS MODEL



Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna. Sed do eiusmod tempor incididunt ut labore etnah.

## OPEN MAAS MODEL



Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua.

✉ lorem ipsum      📍 Lorem ipsum 00/0  
 📞 +0 (000) 000-00-00      🌐 lorem ipsum

gestiti in modo sicuro e automatico attraverso Smart Contract, eliminando la necessità di intermediari e riducendo i costi delle transazioni.

La blockchain si pone dunque come una tecnologia abilitante che, integrandosi con altre tecnologie, rende l'ecosistema della Smart Mobility più sicuro,

trasparente e tracciato ed abilita nuovi modelli di business che mirano all'efficiamento energetico e all'aumento della sostenibilità: si pensi ad esempio al tema dell'approvvigionamento energetico certificato ed all'interazione tra il veicolo elettrico e la rete di distribuzione, con scenari legati al trading energetico

e alle micro grid locali private. Rimanendo in tema di sostenibilità, coerentemente con gli obiettivi dell'Agenda 2030, la Direttiva Europea RED II ed il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) prevedono una sempre maggiore adozione di fonti rinnovabili o alternative nell'ambito dei trasporti. L'attuale situazione



## SEAMLESS COMMUTING EXPERIENCE

Lorem ipsum dolor sit dim  
amet, mea regione diamet  
principes at.



## TRANSPORT OPTIONS IN ONE APP

Lorem ipsum dolor sit dim  
amet, mea regione diamet  
principes at.



ne, evidenziata nell'ultimo report pubblicato da GSE (Gestore Servizi Energetici) nell'anno 2021, vede nel settore dei trasporti un contributo ai consumi dato da prodotti petroliferi (diesel/gasolio) pari al 58%, con un valore triplo di quello della benzina. Nei prossimi anni, per il settore dei trasporti, si dovrà invece ten-

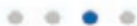
dere al 14% come quota minima di consumi coperti da fonti rinnovabili (RED II), piuttosto che ad un significativo aumento dei biocarburanti avanzati (noti anche come biocarburanti di seconda generazione), che possono essere prodotti da vari tipi di biomasse non alimentari (PNIEC). Tantissime sono le sperimenta-

zioni attualmente in corso relativamente alle più innovative soluzioni descritte in questo articolo, per cui sempre più nei prossimi anni assisteremo al loro consolidamento e quindi ad un'offerta di servizi di mobilità e trasporto che risultino sempre più efficienti, inclusivi e sostenibili per i cittadini, l'ambiente e la società.



## JOURNEY PLANNING

Lorem ipsum dolor sit dim amet, mea regione diamet principes at.



## DYNAMIC JOURNEY ADJUSTMENTS

Lorem ipsum dolor sit dim amet, mea regione diamet principes at.

[LEARN MORE](#)



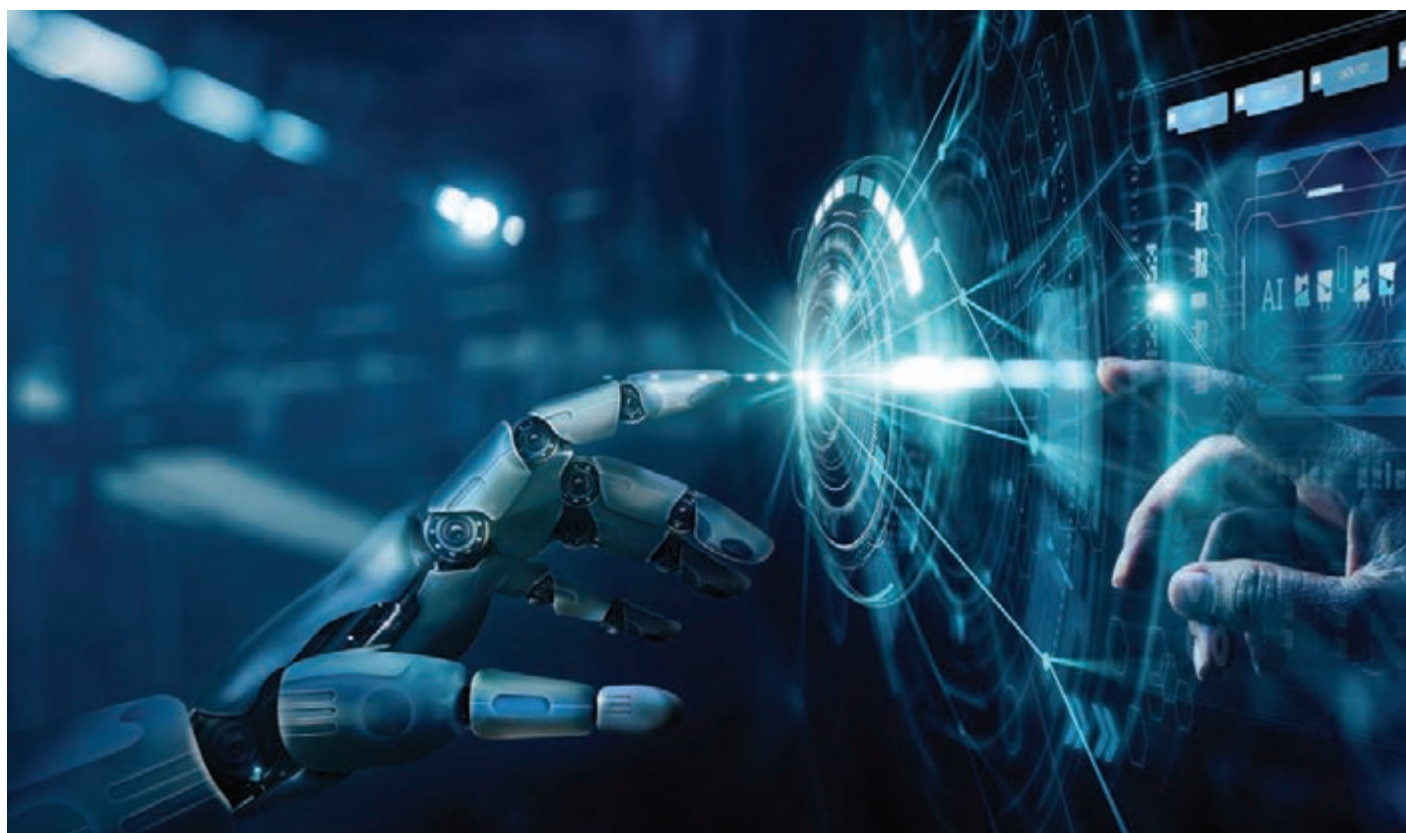


# ABBRACCIARE IL FUTURO: IL RUOLO DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE IN INGEGNERIA

a cura di:  
**ING. P. T. BONIFAZI**

Revisionato da:  
**ING. F. MICILLO**

Commissione:  
**INFORMATICA**



### Introduzione

L'intelligenza artificiale (IA) è una branca dell'informatica che si concentra sulla creazione di sistemi capaci di svolgere attività che, normalmente, richiederebbero l'"intelligenza" umana. Queste attività abbracciano una vasta gamma di capacità cognitive, tra cui l'apprendimento, il ragionamento, il processo decisionale, la comprensione del linguaggio e la percezione visiva. Obiettivo dell'IA è quello di simulare l'intelligenza umana nei computer che sono programmati per pensare come gli esseri umani e imitarne il loro comportamento. La capacità di apprendere, ragionare, percepire, inferire e, in una certa misura, agire autonomamente, sono tratti distintivi dell'IA. Questo

campo multidisciplinare incorpora elementi di informatica, matematica, psicologia, linguistica e più recentemente, neuroscienze, con l'obiettivo di creare sistemi capaci di eseguire compiti che richiederebbero "intelligenza" se svolti da esseri umani.

### Definizione e Storia dell'IA

La storia dell'IA inizia negli anni '50, con la famosa Conferenza di Dartmouth nel 1956, considerata la nascita ufficiale dell'IA come campo di ricerca accademico. In quel momento, i fondatori erano ottimisti riguardo al futuro, prevedendo che macchine capaci di ragionare a livello umano non erano troppo lontane nel futuro. Tuttavia, il progresso verso questo obiettivo si è rivelato molto più lento e

difficile del previsto.

Nei primi anni, l'IA si concentrava su problemi specifici e controllati, come i giochi da tavolo e i compiti di logica semplice. Questi sistemi erano basati su regole e logica formale, capaci di eseguire compiti specifici ma senza la capacità di apprendere o adattarsi a nuovi problemi. Questi approcci sono noti come "IA simbolica".

Il vero cambiamento è avvenuto grazie al crescente progresso tecnologico che ha permesso l'utilizzo di tecniche rivoluzionarie come le reti neurali e l'apprendimento profondo (deep learning) negli anni 2000. Queste tecnologie, basate su algoritmi di apprendimento automatico e, in particolare, dell'appren-



dimento profondo hanno permesso alle macchine di apprendere da enormi volumi di dati, migliorando significativamente la loro capacità di riconoscere modelli, elaborare il linguaggio naturale, e prendere decisioni basate su dati complessi.

Il passaggio dall'IA simbolica all'apprendimento automatico e profondo ha portato alla creazione di sistemi capaci di riconoscimento vocale, visione artificiale, elaborazione del linguaggio naturale e persino alla generazione di arte e musica.

Oggi, l'IA ha superato la fase dei semplici automi per diventare sistemi avanzati capaci di apprendimento profondo e decisioni autonome. Questi sistemi sono ora parte integrante di molteplici aspetti della vita quo-

tidiana e dell'industria, dalla guida autonoma alla diagnostica medica, dalla gestione degli assistenti virtuali all'ottimizzazione dei processi produttivi. L'evoluzione dell'IA continua a spingere i confini di ciò che le macchine possono fare, promettendo trasformazioni ancora più profonde nel modo in cui viviamo e lavoriamo.

La capacità dell'IA di apprendere, adattarsi e **potenzialmente superare le capacità umane in specifici compiti** apre nuove frontiere per l'innovazione, ma solleva anche importanti questioni etiche e di governance che la società di oggi deve affrontare.

#### Principi Fondamentali dell'IA

Le basi teoriche dell'intelligenza artificiale (IA) comprendono diversi concetti e tecnologie chiave che permettono alle macchine di apprendere, ragionare e agire. Comprendere questi principi è fondamentale per sviluppare, implementare e migliorare le soluzioni di IA.

Ecco una panoramica delle componenti principali:

- **Algoritmi di Apprendimento Automatico (Machine Learning, ML).**

Gli algoritmi di apprendimento automatico sono il cuore dell'IA, permettendo ai sistemi di apprendere dai dati e migliorare le loro prestazioni senza essere esplicitamente programmati per ogni compito specifico. Questi algoritmi si dividono in tre categorie principali:

- **apprendimento Supervisionato:** gli algoritmi imparano da un

insieme di dati etichettati, cercando di prevedere l'etichetta per nuovi dati non visti;

- **apprendimento Non Supervisionato:** l'apprendimento avviene su dati non etichettati, con l'algoritmo che cerca di identificare pattern e strutture nei dati;
- **apprendimento per Rinforzo:** gli algoritmi imparano a prendere decisioni ottimizzando le azioni in base al feedback ricevuto sotto forma di ricompense o punizioni;

- **Reti Neurali.**

Le reti neurali sono modelli ispirati al funzionamento del cervello umano, costituiti da nodi (o neuroni) interconnessi in strati. I segnali vengono trasmessi attraverso la rete e processati ad ogni strato, permettendo al modello di apprendere complesse relazioni nei dati;

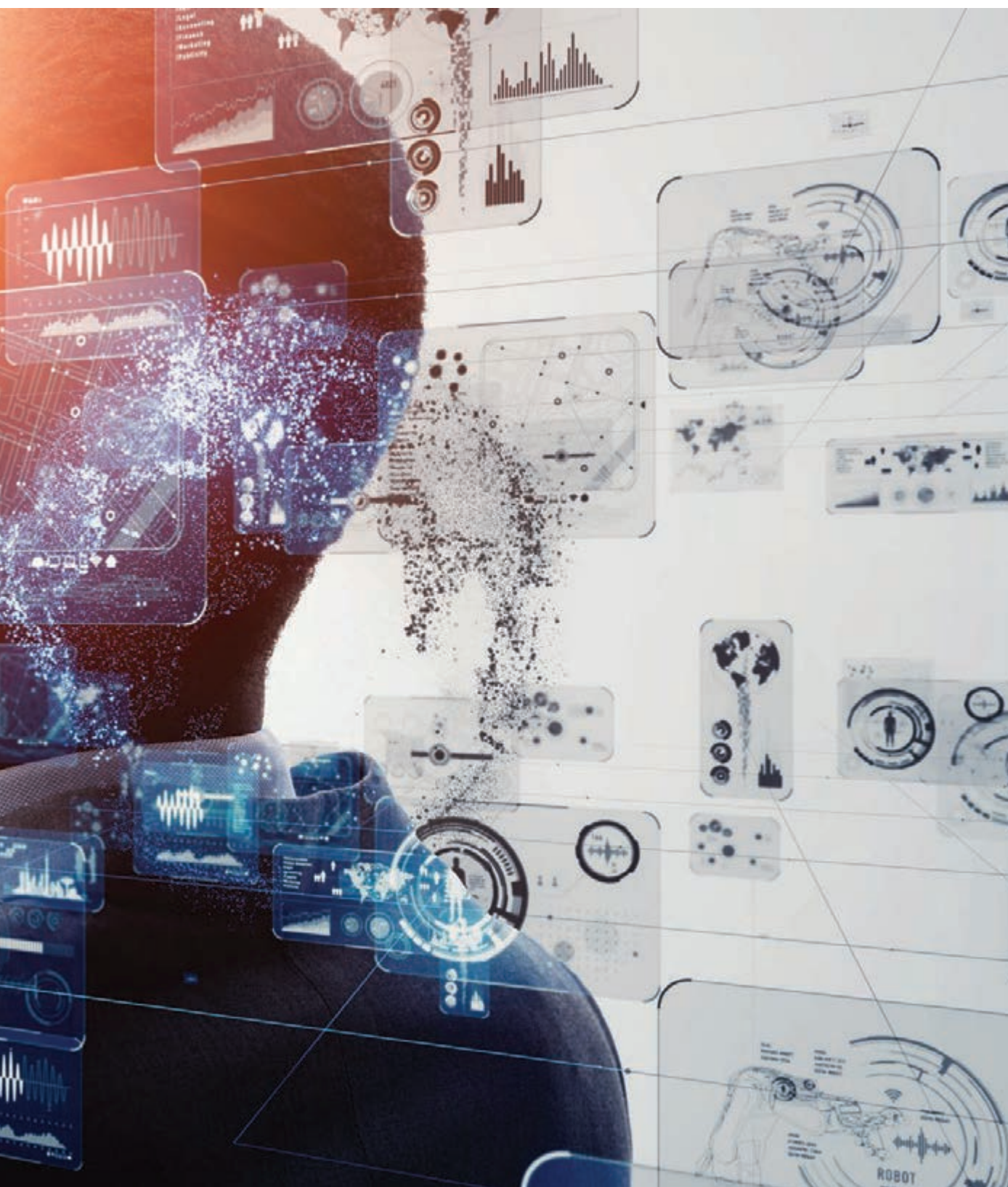
- **Apprendimento Profondo (Deep Learning).**

L'apprendimento profondo è un sottocampo dell'apprendimento automatico che utilizza reti neurali con molti strati (profonde) per apprendere livelli progressivamente più alti di rappresentazioni dei dati. Questa tecnologia ha portato a significativi progressi in compiti come il riconoscimento di immagini, la sintesi vocale e la traduzione automatica;

- **Elaborazione del Linguaggio Naturale (NLP).**

L'elaborazione del linguaggio naturale consente alle







macchine di comprendere, interpretare e generare linguaggio umano. Ciò include compiti come la traduzione automatica, la generazione di testo, il riconoscimento vocale e la comprensione del linguaggio naturale. Il NLP (Natural Language Processing) si avvale di tecniche di ML (Machine Learning) e DL (Deep Learning) per gestire la complessità e la variabilità del linguaggio;

- **Visione Artificiale.**

La visione artificiale permette alle macchine di interpretare e comprendere il mondo visivo, replicando la capacità umana di elaborare e analizzare immagini e video. Questo campo si occupa di compiti come il riconoscimento di oggetti, il tracciamento del movimen-

to, la ricostruzione di scene 3D e l'analisi di immagini mediche, utilizzando algoritmi di ML (Machine Learning) e DL (Deep Learning) per analizzare e interpretare i dati visivi.

La comprensione di queste basi teoriche è essenziale per chi lavora con l'IA, poiché fornisce le conoscenze necessarie per scegliere le tecnologie appropriate per i vari compiti e per sviluppare soluzioni innovative che sfruttano il potenziale dell'intelligenza artificiale.

#### **Applicazione dell'IA nell'Ingegneria**

L'Intelligenza Artificiale (IA) ha trovato applicazioni rivoluzionarie in svariati settori dell'ingegneria, trasformando le metodologie di lavoro, ottimizzando i processi e migliorando l'efficienza. Di seguito, vengono

esplorate alcune delle principali aree di impiego dell'IA nell'ingegneria:

1. **Automazione Industriale:**  
l'IA è una forza trainante nell'automazione industriale, consentendo la creazione di sistemi di produzione intelligenti e flessibili. Attraverso l'utilizzo di sensori e di algoritmi di apprendimento automatico, le macchine sono in grado di adattarsi a variazioni nel processo produttivo in tempo reale, riducendo i tempi di inattività e aumentando la produttività. Un esempio concreto è l'impiego di bracci robotici intelligenti in grado di imparare e migliorare le proprie prestazioni nel tempo, adattandosi automaticamente a nuovi compiti di assemblaggio;



2. **Robotica:**  
 nel campo della robotica, l'IA permette lo sviluppo di robot sempre più autonomi e capaci di interagire in modo naturale con l'ambiente circostante e con gli esseri umani. Questi robot trovano applicazione non solo nell'industria per compiti di produzione e logistica, ma anche in ambiti come l'assistenza sanitaria, dove possono aiutare nella riabilitazione o nell'assistenza agli anziani. Un esempio notevole è quello dei robot per l'esplorazione spaziale, che utilizzano l'IA per navigare autonomamente su superfici planetarie;
3. **Analisi dei Dati:**  
 l'IA ha rivoluzionato l'analisi dei dati, permettendo agli ingegneri di estrarre insight preziosi da set di dati complessi e vasti. Questo è particolarmente utile in settori come l'ingegneria civile, dove l'analisi predittiva può contribuire a prevedere il deterioramento delle infrastrutture, o nell'ingegneria energetica per ottimizzare la produzione e la distribuzione di energia basandosi su pattern di consumo e condizioni ambientali;
4. **Design Assistito da Computer (CAD):**  
 l'intelligenza artificiale sta trasformando il CAD, permettendo la generazione automatica di progetti basati su specifici requisiti e restrizioni. Questo non solo accelera il processo di progettazione ma consente anche di esplorare soluzioni innovative che potrebbero non essere immediatamente evidenti agli umani. In ingegneria meccanica, per esempio, l'IA può aiutare a ottimizzare la progettazione di componenti per ridurre il peso mantenendo la resistenza, attraverso tecniche di progettazione generativa;
5. **Manutenzione Predittiva:**  
 la manutenzione predittiva è un'altra area in cui l'IA sta avendo un impatto significativo, specialmente nell'ingegneria delle costruzioni e meccanica. Utilizzando dati raccolti da sensori e algoritmi di apprendimento automatico, è possibile prevedere quando una macchina o un componente sono suscettibili di guasti, permettendo interventi preventivi che riducono i costi e migliorano la sicurezza.







Questi esempi dimostrano il valore pratico dell'IA in diversi ambiti dell'ingegneria, offrendo soluzioni innovative che migliorano l'efficienza, la sicurezza e la sostenibilità.

L'adozione dell'IA continua a crescere, promettendo ulteriori avanzamenti e applicazioni nei prossimi anni.

Le potenziali evoluzioni dell'intelligenza artificiale (IA) e il suo impatto futuro sull'ingegneria sono ampi e variegati, promettendo di rivoluzionare ulteriormente sia i processi produttivi che la vita quotidiana. Mentre l'IA continua a maturare, la sua integrazione con altre tecnologie emergenti come la blockchain e l'Internet delle Cose (IoT) apre nuove frontiere applicative e potenzia le capacità dei sistemi ingegneristici. Di seguito sono esplorate alcune di queste potenziali evoluzioni:

- **Integrazione dell'IA con l'IoT:**  
l'IoT rappresenta una rete di dispositivi fisici interconnessi che raccolgono e scambiano dati. L'integrazione dell'IA con l'IoT può portare a sistemi più intelligenti e autonomi, capaci di apprendere e adattarsi all'ambiente circostante. Questo ha implicazioni significative per l'ingegneria, come l'ottimizzazione dell'efficienza energetica negli edifici intelligenti, il miglioramento della sicurezza attraverso la sorveglianza intelligente e la gestione più efficace delle risorse nelle città smart;
- **IA e Blockchain:**  
la blockchain offre un livello di sicurezza e trasparenza

per le transazioni e la gestione dei dati. L'integrazione dell'IA con la blockchain può migliorare la sicurezza dei dati IA, la gestione della privacy e la fiducia nelle decisioni automatizzate. In ambito ingegneristico, ciò potrebbe tradursi in catene di approvvigionamento più sicure e trasparenti, sistemi di verifica dell'integrità dei dati per il monitoraggio strutturale e soluzioni di contratti intelligenti automatizzati per la gestione di progetti e risorse;

- **Innovazioni in Corso e Nuove Frontiere:**

le innovazioni in corso nell'IA, come gli algoritmi di apprendimento federato, promettono di migliorare la privacy e la sicurezza dei dati, consentendo alle macchine di apprendere da dati distribuiti senza doverli centralizzare. Questo ha un potenziale significativo per l'ingegneria dei dati e la privacy dei dati in settori critici come la sanità e la finanza.

L'IA sta anche esplorando le frontiere della computazione quantistica, che potrebbe rivoluzionare la capacità di calcolo, rendendo possibili simulazioni e analisi dati precedentemente irrealizzabili. Questo potrebbe accelerare la ricerca e lo sviluppo in campi come la scienza dei materiali, la farmaceutica e l'energia.

#### **IA Etica e Responsabile**

Le questioni etiche e di responsabilità legate allo sviluppo e all'uso dell'intelligenza artificiale



## The principles of responsible AI

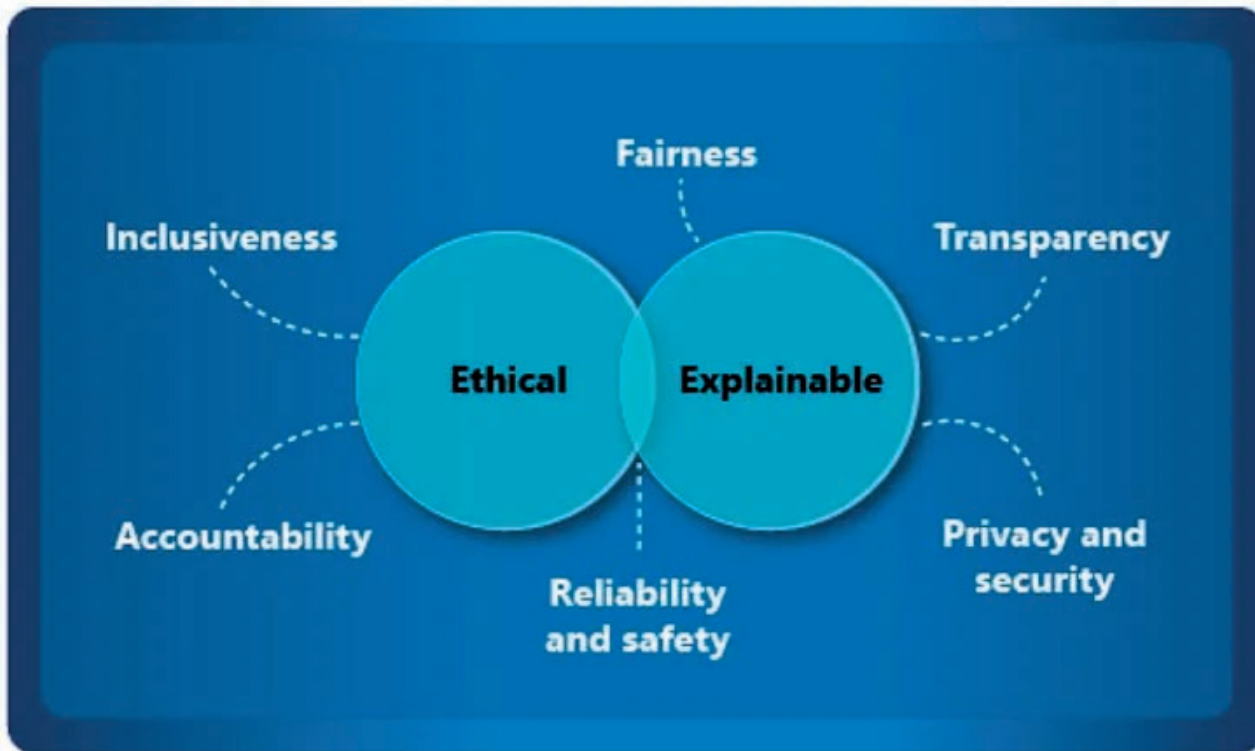


Figura 1 - I sei principi base di Microsoft per mettere in pratica l'IA responsabile.

(IA) sono diventate centrali nel dibattito pubblico e accademico, poiché l'IA assume un ruolo sempre più significativo nelle nostre vite e nella società. Esplorare e affrontare queste questioni è fondamentale per garantire che lo sviluppo dell'IA sia guidato da principi etici che promuovano il benessere collettivo e proteggano i diritti individuali.

L'IA etica si concentra sullo sviluppo e l'implementazione di tecnologie di IA in modo che rispettino i principi etici universali, come la giustizia, l'equità e il rispetto della dignità umana. Ciò comporta la progettazione di sistemi di IA che siano non solo efficienti dal punto di vista tecnico ma anche equi e impar-

ziali nelle loro decisioni e azioni. Da un punto di vista etico, l'intelligenza artificiale dovrebbe:

- essere giusta e inclusiva nelle sue affermazioni;
- essere responsabile delle proprie decisioni;
- non discriminare od ostacolare razze, disabilità o background diversi;
- assicurare che le tecnologie siano accessibili a tutti e non aumentino le disuguaglianze esistenti.

Nel 2017, Microsoft ha istituito un comitato consultivo per l'intelligenza artificiale, l'etica e gli effetti nell'ingegneria e nella ricerca<sup>1</sup>. La responsabilità principale del comitato è fornire con-

sulenza su questioni, tecnologie, processi e migliori pratiche per un'intelligenza artificiale responsabile.

Di seguito vengono discussi alcuni dei principali aspetti etici e di responsabilità associati all'IA.

### Responsabilità - Accountability

La responsabilità è un pilastro essenziale dell'IA responsabile. Le persone che progettano e implementano un sistema di intelligenza artificiale devono essere responsabili delle sue azioni e decisioni, soprattutto man mano che progrediamo verso sistemi più autonomi.

Le organizzazioni dovrebbero prendere in considerazione l'istituzione di un organismo di



revisione interno che fornisca supervisione, approfondimenti e indicazioni sullo sviluppo e l'implementazione dei sistemi di intelligenza artificiale. Queste linee guida potrebbero variare a seconda dell'azienda e della regione e dovrebbero riflettere il percorso verso l'intelligenza artificiale di un'organizzazione.

#### **Inclusività - Inclusiveness**

L'inclusività impone che l'intelligenza artificiale consideri tutte le razze e le esperienze umane. Le pratiche di progettazione inclusiva possono aiutare gli sviluppatori a comprendere e affrontare potenziali barriere che potrebbero escludere involontariamente le persone. Ove pos-

sibile, le organizzazioni dovrebbero utilizzare la tecnologia di sintesi vocale, di comunicazione aumentativa e di riconoscimento visivo per responsabilizzare le persone con disabilità uditive, visive e di altro tipo.

#### **Affidabilità e sicurezza - Reliability and safety**

Affinché i sistemi di intelligenza artificiale siano fidati (trusted), devono essere affidabili e sicuri. È importante che un sistema funzioni come è stato originariamente progettato e risponda in modo sicuro alle nuove situazioni. La sua resilienza intrinseca dovrebbe resistere alla manipolazione intenzionale o involontaria.

Un'organizzazione dovrebbe stabilire test e validazioni rigorosi per le condizioni operative per garantire che il sistema risponda in modo sicuro ai casi limite. Le prestazioni di un sistema di intelligenza artificiale possono peggiorare nel tempo. Un'organizzazione deve stabilire un solido processo di monitoraggio e tracciamento del modello per misurare in modo reattivo e proattivo le prestazioni del modello (e rivalutarlo per la modernizzazione, se necessario).

#### **Spiegabile - Explainable**

La spiegabilità aiuta i data scientist, i revisori e i decisori aziendali a garantire che i sistemi di intelligenza artificiale pos-

sano giustificare le loro decisioni e il modo in cui raggiungono le loro conclusioni. La spiegabilità aiuta inoltre a garantire la conformità alle politiche aziendali, agli standard di settore e alle normative governative.

Uno scienziato dei dati dovrebbe essere in grado di spiegare alle parti interessate come hanno raggiunto determinati livelli di accuratezza e cosa ha influenzato il risultato. Allo stesso modo, per rispettare le politiche aziendali, un revisore ha bisogno di uno strumento che convalidi il modello. Un decisore aziendale deve guadagnare fiducia fornendo un modello trasparente.

#### Equità - Fairness

L'equità è un principio etico fondamentale che tutti gli esseri umani mirano a comprendere e applicare. Questo principio è ancora più importante quando si sviluppano sistemi di intelligenza artificiale. I principali controlli ed equilibri devono garantire che le decisioni del sistema non discriminino o esprimano pregiudizi nei confronti di un gruppo o individuo in base al genere, alla razza, all'orientamento sessuale o alla religione. Microsoft fornisce un elenco di controllo sull'equità dell'intelligenza artificiale che offre indicazioni e soluzioni per i sistemi di intelligenza artificiale. Queste soluzioni sono vagamente classificate in cinque fasi: ideazione, prototipo, costruzione, lancio ed evoluzione. Ciascuna fase elenca le attività di due diligence consigliate che aiutano a ridurre al minimo l'impatto delle ingiustizie nel sistema.

Fairlearn si integra con Azure Machine Learning e supporta data scientist e sviluppatori nella valutazione e nel miglioramento dell'equità dei propri sistemi di intelligenza artificiale. Fornisce algoritmi di mitigazione dell'inequità e una dashboard interattiva che visualizza l'equità del modello. Un'organizzazione dovrebbe utilizzare il toolkit e valutare attentamente l'equità del modello durante la sua costruzione. Questa attività dovrebbe essere parte integrante del processo di data science.

#### Trasparenza - Transparency

La trasparenza nell'IA si riferisce alla capacità di comprendere e spiegare come i sistemi di IA prendono le loro decisioni. La mancanza di trasparenza, spesso chiamata "scatola nera" (black box) dell'IA, solleva preoccupazioni riguardo alla responsabilità e alla fiducia nei sistemi automatizzati. Promuovere la trasparenza significa sviluppare algoritmi che possono essere esaminati e compresi sia dagli esperti che dal pubblico, consentendo una maggiore fiducia nelle decisioni basate sull'IA e facilitando l'identificazione e la correzione di eventuali errori o bias.

Raggiungere la trasparenza aiuta il team a comprendere:

- i dati e gli algoritmi utilizzati per addestrare il modello.
- la logica di trasformazione applicata ai dati.
- il modello finale che è stato generato.
- gli asset associati al modello.



# LARGE



# LANGUAGE MODELS

Queste informazioni offrono approfondimenti su come è stato creato il modello, in modo che il team possa riprodurlo in modo trasparente.

### Privacy e sicurezza

Con l'IA che richiede l'accesso a grandi volumi di dati per l'apprendimento e il miglioramento, la privacy dei dati emerge come un'importante preoccupazione etica. È cruciale garantire che i dati personali siano raccolti, utilizzati e condivisi rispettando la privacy e la sicurezza degli individui. Ciò implica l'adozione di robuste misure di protezione dei dati, il consenso informato degli utenti e la trasparenza riguardo all'uso dei dati.

Il titolare dei dati è obbligato a proteggere i dati in un sistema di intelligenza artificiale. Privacy e sicurezza sono parte integrante di questo sistema.

I dati personali devono essere protetti e l'accesso ad essi non dovrebbe compromettere la privacy di un individuo. La privacy differenziale di Azure aiuta a proteggere e preservare la privacy randomizzando i dati e aggiungendo rumore per nascondere le informazioni personali ai data scientist.

### Controllo Umano

Il controllo umano sui sistemi decisionali automatizzati enfatizza l'importanza di mantenere l'ultima parola nelle mani degli esseri umani, specialmente in contesti critici come la giustizia, la medicina e la sicurezza. Questo principio implica che, indipendentemente dall'autonomia e dall'efficienza dei sistemi di IA, le decisioni significative dovrebbero

essere soggette a revisione umana, assicurando che i valori e il giudizio umano guidino l'uso dell'IA.

Pertanto, affrontare le questioni etiche e di responsabilità nell'IA è essenziale per costruire una società in cui la tecnologia serve l'umanità in modo giusto e positivo quindi promuovere l'IA etica, la trasparenza, la privacy dei dati e il controllo umano sono passi fondamentali verso lo sviluppo di tecnologie di IA che siano non solo avanzate dal punto di vista tecnologico ma anche allineate ai principi etici e sociali. Questo richiede un impegno collettivo da parte di sviluppatori, ricercatori, legislatori e società civile per garantire che l'IA contribuisca positivamente al futuro della società.

### Sfide e Limitazioni dell'IA

L'intelligenza artificiale (IA) ha aperto orizzonti innovativi nel campo dell'ingegneria e oltre, ma porta con sé significative limitazioni e sfide che gli ingegneri devono affrontare per garantire lo sviluppo di soluzioni robuste e affidabili. Di seguito sono esaminati alcuni dei principali ostacoli associati all'IA e come possono essere affrontati:

- Dipendenza da Grandi Volumi di Dati:  
l'IA, in particolare l'apprendimento automatico e l'apprendimento profondo, richiede grandi volumi di dati per addestrare i modelli con alta precisione. Questa dipendenza può limitare l'applicabilità dell'IA in settori dove i dati sono scarsi, sensibili o di difficile raccol-

ta. Per mitigare questo problema, gli ingegneri possono esplorare tecniche come l'apprendimento trasferibile, che consente ai modelli di generalizzare da un compito all'altro con meno dati, o l'apprendimento semi-supervisionato e non supervisionato, che richiedono meno etichettature dei dati;

- Rischio di Bias nei Dati:  
un'altra sfida significativa è il rischio di bias nei dati, che può portare a risultati ingiusti o discriminatori. Il bias nei dati può derivare dalla raccolta di dati non rappresentativa o da pregiudizi impliciti durante la fase di addestramento del modello. Gli ingegneri devono essere diligenti nell'analizzare e pre-elaborare i set di dati per identificare e correggere i bias potenziali. Inoltre, l'adozione di framework e standard etici nella progettazione e nello sviluppo dell'IA può aiutare a mitigare questi rischi;
- Complessità della Spiegabilità dei Modelli di IA:  
la spiegabilità, o interpretabilità, dei modelli di IA è fondamentale per la fiducia e l'accettazione da parte degli utenti, nonché per la conformità normativa in alcuni settori. Tuttavia, molti modelli avanzati di IA, come le reti neurali profonde, sono spesso considerati "scatole nere" a causa della loro complessità e della difficoltà di interpretare il processo decisionale. Gli ingegneri possono affrontare questa sfida sviluppando metodi e strumenti per mi-

gliorare la trasparenza dei modelli di IA, come le tecniche di spiegazione post hoc, che aiutano a interpretare e giustificare le decisioni prese dai modelli.

La consapevolezza e l'attenzione a queste limitazioni e sfide

sono cruciali per gli ingegneri che lavorano con tecnologie di IA. Attraverso l'approfondimento continuo delle conoscenze, l'applicazione di pratiche etiche e l'esplorazione di nuove metodologie, è possibile superare questi ostacoli e sfruttare appieno il

potenziale dell'IA per sviluppare soluzioni innovative, etiche e sostenibili. La collaborazione multidisciplinare, coinvolgendo esperti di etica, legislatori e comunità di utenti, può anche giocare un ruolo chiave nell'indirizzare queste sfide in modo efficace.

## Note

1. Aether - <https://www.microsoft.com/en-us/ai/principles-and-approach>

## Bibliografia

- Russell, S. J., & Norvig, P. (2016). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson.
- Copeland, B. J. (2021, August 10). Artificial Intelligence. *Encyclopedia Britannica*.

## Sitografia

- Un'IA etica è possibile? Ecco i principi a tutela degli esseri umani. Valentina Grazia Sapuppo. <https://www.agendadigitale.eu/cultura-digitale/unia-etica-e-possibile-ecco-i-principi-a-tutela-degli-esseri-umani>
- La Commissione Europea pubblica le linee guida sull'etica dell'AI. Sergio Guida. <https://www.dataprotectionlaw.it/2019/04/15/intelligenza-artificiale-commissione-europea-linee-guida-etica>
- Guida Completa Algoritmi di Machine Learning. <https://www.intelligenzaartificialeitalia.net/post/guida-completa-guida-completa-algoritmi-di-machine-learning>
- Reti neurali: cosa sono, come funzionano e le applicazioni. <https://www.bnova.it/intelligenza-artificiale/reti-neurali>
- Natural Language Processing: cos'è, come funziona e applicazioni. Giulio Altobello. <https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/natural-language-processing-tutto-quello-che-ce-da-sapere>
- Linguaggio naturale e intelligenza artificiale: a che punto siamo. Massimo Esposito. <https://www.agendadigitale.eu/cultura-digitale/linguaggio-naturale-e-intelligenza-artificiale-a-che-punto-siamo>
- Che cos'è la visione artificiale? <https://azure.microsoft.com/it-it/resources/cloud-computing-dictionary/what-is-computer-vision/#classificazione-degli-oggetti>
- Azure per intelligenza artificiale? <https://azure.microsoft.com/it-it/solutions/ai>
- Quali sono i rischi e i vantaggi dell'intelligenza artificiale? [https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2020/9/story/20200918STO87404/20200918STO87404\\_it.pdf](https://www.europarl.europa.eu/pdfs/news/expert/2020/9/story/20200918STO87404/20200918STO87404_it.pdf)
- Linee guida per l'integrazione e l'uso responsabile di Personalizza esperienze. <https://learn.microsoft.com/it-it/azure/ai-services/personalizer/responsible-guidance-integration>



# AI





# Evoluzione e Prospettive Future dell'Aerospazio

a cura di:

*Ing. Giovanni Nicolai*

con la collaborazione di:

*Ing. Roberto Capua, Ing. Stefano Coltellacci,  
Ing. Giuseppe De Franco, Ing. Enrico Ferrone  
e dell'Amm. Dario Sgobbi*

area tematica:

*Aerospazio*

## **1. Introduzione**

La Commissione Aerospazio sin dal 2017, quando è stata istituita, ha avuto come obiettivo quello di creare sinergia nella filiera aerospaziale nazionale in modo inclusivo e diffondere la cultura dello spazio nelle sue diverse declinazioni monitorando tutte le evoluzioni e le prospettive future dell'Aerospazio.

In particolare, gli obiettivi principali sono stati quelli di monitora-

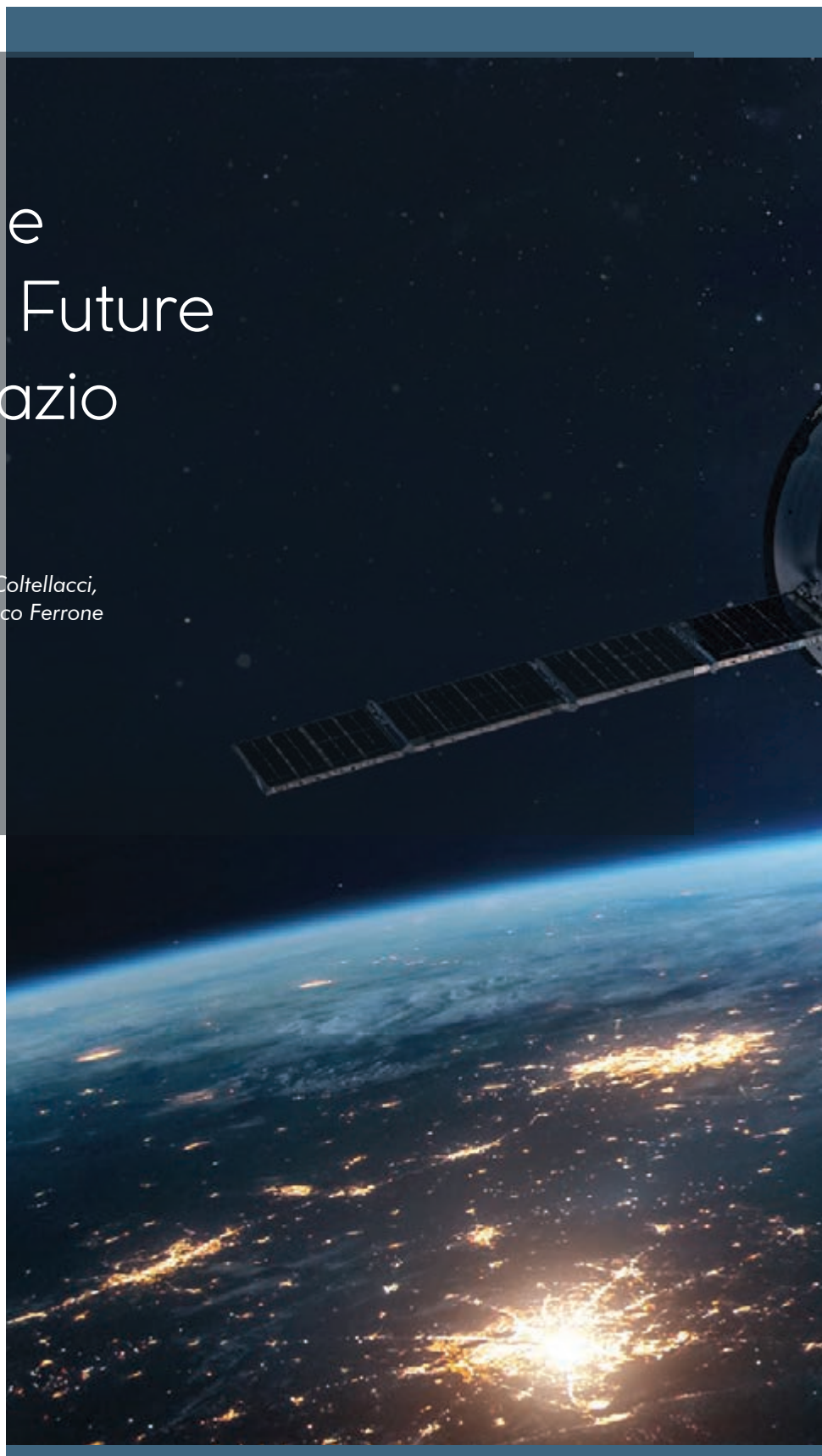






Figura 1

re, valutare e diffondere la cultura Aerospaziale sia nell'ambito dei nuovi progetti Industriali per lo Spazio sia nei progetti di Ricerca. Particolare attenzione è stata rivolta alla rivoluzione dei piccoli satelliti in orbita bassa (LEO - Low Earth Orbit) che ai programmi nuovi di osservazione della Terra. Viene inoltre evidenziato il concetto di "Responsive Space" nazionale, con l'implementazione di Basi di Lancio mobili per l'Orbita Bassa.

A tale scopo sono stati organizzati convegni con la partecipazione delle aziende italiane della filiera aerospaziale (quali Thales Alenia Space Italia TAS-I, Telespazio, Sitael, D-Orbit ed Avio), di Agenzie internazionali quali l'ESA, l'Inmarsat, l'Agenzia Spaziale Italiana ASI e di Enti di Ricerca Italiani (Scuola di Ingegneria Aerospaziali dell'Università della Sapienza SIA, Gauss ed altri).

Molti di questi convegni sono stati organizzati con l'Ammini-

strazione Difesa e con Teledife sui programmi di maggior interesse nazionale e PNRR Spazio (ultimo in ordine di tempo il Workshop "Responsive Space" del 28 marzo 2023 organizzato dalle Commissioni Esplorazione dello Spazio e Costellazioni EO/NTN dell'Ordine degli Ingegneri di Roma con Teledife presso l'ex Aeroporto di Centocelle).

La Commissione Aerospazio, dopo il rinnovo del Consiglio dell'Ordine Ingegneri della Provincia di Roma a giugno del 2022, è stata ristrutturata in quattro Commissioni:

- Costellazioni e Servizi per lo Spazio (EO-NTN) - Presidente Ing. Stefano Coltellacci (ARPA) e Vicepresidente Ing. Gen. Giovanni Arseni (Amm. Difesa);
- Esplorazione dello Spazio (Luna, Marte e Lanciatori) - Presidente Ing. Enrico Ferone (TAS-I) e Vicepresidente Ing. Marco Brancati (Telespazio);

- Navigazione Satellitare (Galileo, GNSS ed altro) - Presidente Ing. Roberto Capua (SOGEI) e Vicepresidente Ing. Francesco De Angelis (Leonardo);
- Aerospazio Materiali e Nanotecnologie - Presidente Ing. Giuseppe De Franco (TAS-I) e Vicepresidente Ing. Tanya Scalia (ASI).

Nel programma PNRR nazionale sono stati assegnati 2,4 Milardi di euro per lo spazio per la realizzazione di una costellazione per osservazione della Terra IRIDE operante in orbita LEO. La gestione di tale progetto IRIDE è stata assegnata da ASI ad ESA (dall' ESRIN di Frascati) che ha già emesso i contratti per la realizzazione della prima fase Operativa della Costellazione nel 2026.

## 2 Evoluzione dei Sistemi Satellitari con le Costellazioni a Orbita Bassa (LEO)

Le costellazioni di piccoli satelliti a bassa orbita stanno rivoluzionando l'uso dello spazio e sono una forza trainante nella nuova rivoluzione spaziale e costituiscono gran parte delle tecnologie emergenti in quanto permettono di contenere i costi di realizzazione e fornire i seguenti asset:

- osservazione della Terra (EO - Earth Observation);
- comunicazioni satellitari integrate con la rete 5G (NTN);
- monitoraggio spettro elettromagnetico (ELINT).

Le sfide tecnologiche di questa evoluzione sono molteplici:

- possibilità di servire geograficamente regioni non



Figura 2

coperte dal servizio mobile terrestre;

- aumento della velocità di trasferimento dei dati a terra in modo significativo;
- riduzione dei costi dei piccoli satelliti con utilizzo di componenti COTS;
- utilizzo della tecnologia di advance e additive manufacturing.

### 2.1 Definizione di piccoli satelliti - SmallSat

La crescente commercializzazione e democratizzazione dello spazio sta portando nuove informazioni in ogni settore, dall'energia alle telecomunicazioni, dall'industria all'agricoltura, dai sistemi di sicurezza della difesa ai sistemi di sicurezza governativi.

I piccoli satelliti fanno parte di questo cambiamento nell'utilizzo dello spazio e sono una forza trainante nella nuova rivoluzione spaziale.

Per gli SmallSat non esiste uno standard ufficiale e il termine

si riferisce tipicamente a veicoli spaziali con una massa inferiore a 250kg. Esistono comunque diverse classificazioni non ufficiali dei piccoli satelliti ma scegliamo la seguente:

- nanosatelliti sono veicoli spaziali con una massa di 1-30 kg;
- microsattelliti sono veicoli spaziali con una massa di 30-120 kg;
- minisatelliti sono veicoli spaziali con una massa di 120-250 kg.

### 2.2 Caratteristiche principali dei piccoli satelliti

I piccoli satelliti in orbite LEO sono posizionati tra 200 e 2.000 chilometri di altitudine sopra la terra. I satelliti LEO sono comunemente usati per le comunicazioni, la ricognizione militare ed altre applicazioni di osservazione della Terra (telerilevamento o remote sensing).

I satelliti realizzati per le comunicazioni a bassa orbita bene-

ficiano di un ritardo di propagazione del segnale inferiore a quello dei satelliti MEO (orbita media, si trovano tra i 10.000 e i 12.000 Km di altitudine) e GEO (36.000 Km di altitudine in orbita equatoriale). Questo ritardo di propagazione inferiore (circa 30 ms) si traduce in una minore latenza che li rende adatti ad interfacciarsi con la rete terrestre 5G sia per servizi di comunicazione che di trasmissione dati vedi internet.

Essere più vicini alla terra ha un ovvio vantaggio anche per i satelliti di osservazione della Terra che possono offrire quindi una risoluzione maggiore. Le tecnologie possono utilizzare Sensori Ottici (pancromatici, multispettrali e iperspettrali) o sensori SAR (radar - interferometrici).

### 2.3 Definizione e vantaggi delle costellazioni LEO

I satelliti LEO hanno un campo visivo ristretto della Terra e quindi richiedono una costellazione

di satelliti per fornire la copertura richiesta. Un'Orbita completa della Terra da parte di un satellite LEO a circa 500 Km di altitudine ha un valore tipico di 95 minuti.

Il tipo di orbita su cui è posizionato un satellite dipende dalla missione e dalla copertura, ma le orbite LEO più comuni per i piccoli satelliti sono l'orbita eliosincrona o l'orbita inclinata posizionate tra i 500 e gli 800 Km di altitudine.

I tipi di servizi svolti possono essere:

- EO: Earth observation;
- trasmissione dati con NTN (Non Terrestrial Network) a supporto della rete 5G terrestre.

Un vantaggio chiave di un microsatellite LEO è la maggiore disponibilità di lanci dalla Terra e un singolo lanciatore, avendo una destinazione orbitale comune, può imbarcare più microsatelliti a bordo. A titolo di esempio l'ultimo lancio di Space X a gennaio 2024 portava 21 satelliti Starlink a bordo.

#### 2.4 Definizione di orbite LEO

Le Orbite dei satelliti LEO, a

seconda della copertura che si vuole ottenere, possono essere definite come:

- eliosincrona (SSO - Sun Synchronous Orbit);
- inclinata.

Un tipo di orbita comunemente usata per i satelliti di osservazione della Terra è chiamata Orbita Sincrona Solare (SSO). Normalmente un'orbita SSO è polare, il che significa che passa sopra i poli nord e sud.

Il nome Sun Synchronous descrive il fatto che l'orbita mantiene un orientamento sempre puntato al sole.

Le orbite inclinate vengono utilizzate per coprire aree delimitate e normalmente sono utilizzate per comunicazioni dati o monitoraggio dello spettro.

Per acquisire una copertura globale vengono utilizzati diversi piani orbitali per la stessa costellazione. Ovvero i piccoli satelliti della stessa costellazione possono essere dislocati su piani orbitali diversi.

#### 2.5 Sviluppi delle costellazioni LEO internazionali

L'ecosistema SmallSat LEO è in continua crescita considerando che i programmi lanciati dall'in-

dustria privata, come **Starlink (Space X)** e **One Web**, hanno pianificato sino a migliaia di piccoli satelliti nelle orbite LEO per una connessione Internet mondiale.

L'idea di **Space X** e **One Web** è di inviare minisatelliti nelle orbite LEO con l'obiettivo di connettere tutti gli utenti nel mondo a Internet entro il 2025. Queste reti saranno in grado di connettere gli utenti, senza copertura mobile 4G/5G, attraverso costellazioni di piccoli satelliti LEO alla rete internet e/o mobile 4G/5G terrestre tramite un'infrastruttura di terra dedicata.

A seguire i due apripista si sono lanciati nuovi investitori, su tutti **Amazon** con il progetto **Kuiper** che per ora sta lavorando alla realizzazione dei primi satelliti, nel complesso oltre 3.000 che inizieranno ad essere messi in orbita non prima del 2022.

Tra i nuovi arrivati ci sono anche la canadese **Telesat**, che ha e commissionato a Thales Alenia Space la realizzazione di diverse decine di satelliti per la costellazione a banda larga denominata **Lightspeed** che sarà operativa per la fine del 2024.

Sono stati sviluppati anche i ter-



Figura 3

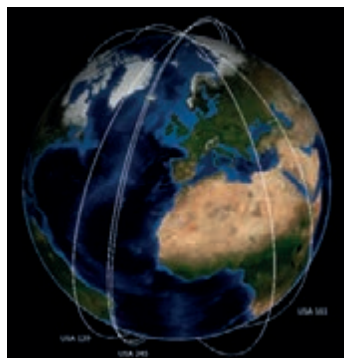


Figura 4 - Costellazione eliosincrona

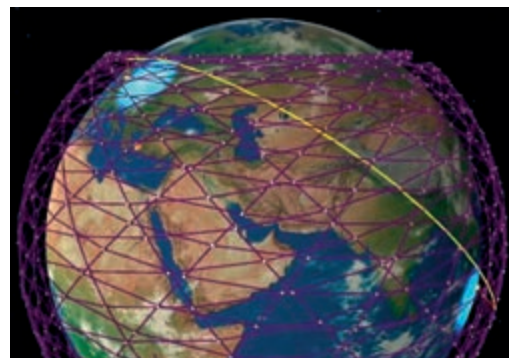


Figura 5 - Costellazione inclinata

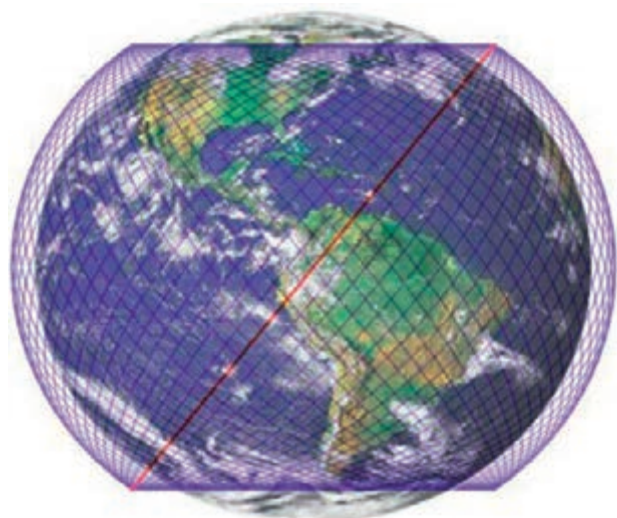


Figura 6



Figura 7 - Deployer 60 Satelliti StarLink



Figura 8 - Singolo Satellite StarLink



Figura 9 - Costellazione OneWeb



Figura 10 - Singolo Satellite OneWeb



Figura 11  
Antenna Piatta Beam Forming orientabile elettronicamente (digital steerable)

minali di utente per la ricezione domestica da satellite con antenne piatte "Beam Forming" orientabili elettronicamente (senza motorizzazione) per l'inseguimento del satellite LEO nella sua Orbita di visibilità da Terra (da 5 a 10 minuti massimo).

La costellazione LEO serve a dare una continuità di servizio in quanto quando un satellite tramonta c'è un altro che sorge.

## 2.6 Esperienza Italiana sulle Costellazioni LEO

L'Italia ha una grande esperien-

za nella realizzazione di satelliti in orbite LEO, basta citare i programmi:

- **Globalstar:** 52 Satelliti del peso di 500 Kg prodotti da TAS-I a 1400 Km di altitudine con una inclinazione di 52° su 8 piani orbitali per le comunicazioni mobili e dati a bassa velocità; operativi dal dicembre 1999;
- **Cosmo Skymed 1° generazione CSK:** 4 satelliti prodotti da TAS-I e operativi in orbita eliosincrona a 619 Km di altitudine su 2 piani orbitali completamente operativi dal 2010 per l'osservazione della Terra con sensori radar (SAR);
- **Cosmo Skymed 2° generazione CSG:** 2 satelliti prodotti da TAS-I in orbita eliosincrona di cui il secondo lanciato a febbraio 2022 e attualmente operativi.

I primi satelliti **Globalstar** vennero lanciati nel febbraio 1998, ma la partenza del sistema fu rinviata per un incidente al lancio nel settembre del 1998, che causò la

perdita di 12 satelliti in un lancio dell'Agenzia Spaziale Russa. Nel febbraio 2000, fu lanciato l'ultimo dei 52 satelliti (48 satelliti e quattro ricambi in orbita). Altri otto satelliti non lanciati furono mantenuti come ricambi a terra. Il servizio è stato dismesso nel 2012 per 2 motivi: avvio del servizio mobile terrestre nel 1999 a costi notevolmente più bassi e perché la banda dati di Globalstar era limitata.

Il sistema **COSMO SkyMed** di prima generazione (CSK) è costituito da una Costellazione di quattro satelliti per l'osservazione della Terra ad uso duale aventi come payload un Radar ad Apertura Sintetica (SAR). Il programma è stato finanziato dall'ASI per il 65% e dall'Amministrazione Difesa Italiana per il 35%.

Il primo satellite della costellazione è stato lanciato il 7 giugno 2007 mentre il secondo satellite è stato lanciato il 9 dicembre 2007. Gli altri 2 satelliti della costellazione sono stati lanciati nel 2008 e 2010.

Il sistema di seconda generazione CSG è composto da 2 Satel-



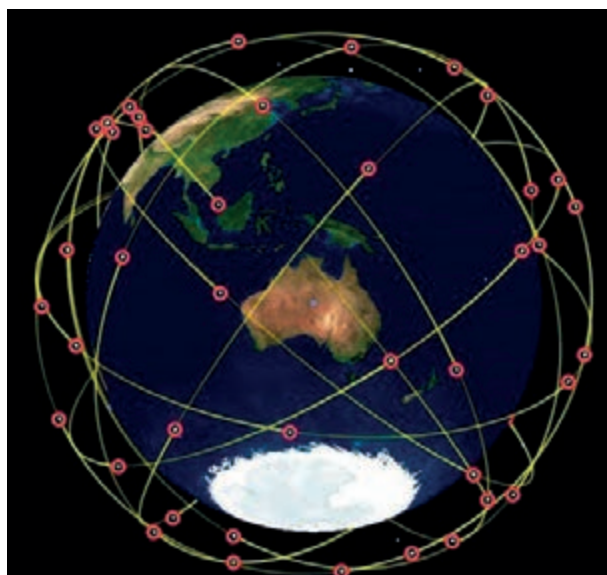


Figura 12 - Costellazione Globalstar



Figura 13

liti lanciati tra il 2020 e il 2021 con migliore risoluzione geometrica ed una vita operativa di 7 anni. Oggi i sistemi operativi sono 3 satelliti di prima generazione e 2 satelliti di seconda generazione.

### 2.7 Programmi Italiani per i Piccoli Satelliti - Iride

Nei Programmi Italiani per piccoli satelliti l'attività preponderante è quella di ricerca per:

- piccoli satelliti per osservazione della Terra (EO);
- attività di ricerca scientifica su apparati dei minisatelliti;
- monitoraggio spettro elettromagnetico;
- studi per costellazioni di comunicazione di dati a larga banda.

I principali finanziatori di queste attività sono l'Agenzia Spaziale Italiana (ASI) e l'Amministrazione Difesa Italiana tramite i bandi PNRM (Piano Nazionale di Ricerca Militare).

Inoltre, nel Programma PNRR

nazionale sono stati assegnati circa 2,4 Miliardi di euro per lo spazio per la realizzazione di una costellazione per osservazione della Terra **IRIDE** operante in orbita LEO.

La costellazione Iride è finanziata con i fondi del PNRR ed è essenzialmente un programma

di **osservazione della Terra** con satelliti posti in orbita bassa LEO. È previsto il completamento del programma tra il 2025 e il 2026. La costellazione, insieme ad altri sistemi spaziali nazionali ed europei, è concepita per servire le Amministrazioni Pubbliche, quali la **Protezione**



Figura 14 - Satelliti della costellazione Iride



Figura 15 - I satelliti della costellazione Iride: in alto i satelliti Nimbus di TAS-I, in basso a destra i satelliti di Sitael, in basso a sinistra i satelliti Argotec (sopra) e i satelliti OHB-Italia (sotto).

**Civile**, le Regioni e molte altre. La costellazione Iride è composta di 69-72 satelliti (al completamento del Programma) che saranno locati in orbita bassa in 2 Fasi.

I satelliti saranno dotati di diversi sensori per l'osservazione della Terra:

- interferometrici (SAR);
- ottici (pancromatici, iperspettrali, multispettrali, etc);
- termici.

A tale programma concorrono

diverse aziende Italiane, tra cui TAS-I, Argotec, OHB Italia, Sitael e D-Orbit per la realizzazione del segmento spaziale; altre tra cui la eGeos, Telespazio, ASI, Leonardo, Planetek, Serco ed altre per la realizzazione dei servizi e la gestione del segmento terreno.

I pesi dei satelliti variano a seconda del costruttore e vanno dagli 80 Kg ai 300 kg. Si prevedono lanci a partire dall'inizio del 2026 con Vega-C e ArianSpace.

I servizi della costellazione Iride sono essenzialmente finalizzati alla tutela dell'ambiente e alla gestione delle emergenze e della safety tramite il monitoraggio:

- del dissesto idrogeologico e degli incendi;
- delle coste;
- delle infrastrutture critiche;
- della qualità dell'aria;
- delle condizioni meteorologiche;
- della superficie marina;
- dei movimenti del terreno;



Figura 16

- delle risorse idriche.

### 2.8 Programmi di ricerca (SIA e GAUSS)

Numerosi progetti, finanziati dalle agenzie spaziali nazionali (ASI) ed europea (ESA), sono stati realizzati dalla SIA (Scuola di Ingegneria Aerospaziale dell'Università La Sapienza di Roma). I programmi Unisat sono quelli di maggior spicco.

Il **Programma UniSat** consiste in una serie di microsatelliti artificiali progettati e costruiti inizialmente da personale universitario, con la partecipazione attiva di studenti e ricercatori del laboratorio GAUSS (*Gruppo di Astrodinamica dell'Università degli Studi "La Sapienza"*) afferente alla Scuola di Ingegneria Aerospaziale di Roma fino al 2012. Dal 2012 in poi, il programma è stato continuato e portato avanti dalla GAUSS, fondata nel 2012 dal Prof. Ing. Filippo Graziani.

I satelliti **UniSat 6** e **UniSat 7** sono stati concepiti e realizzati interamente dalla **GAUSS**. Questi ultimi due satelliti hanno avuto come missione principale il rilascio di nanosatelliti di tipo CubeSat e PocketQube direttamente in orbite LEO.

**UniSat 7** (lanciato con successo all'inizio del 2021) ha lo scopo di testare le apparecchiature dei clienti in condizioni spaziali e di distribuire Cubesat e PocketQubes in orbita. L'UniSat-7 è dotato di una nuova piattaforma satellitare a prisma ottagonale costruita con pannelli a nido d'ape in alluminio rinforzato e carbonio. È stabilizzato a 3 assi. L'alimentazione è fornita da pannelli solari montati sul corpo. È impiegato per testare e verificare la ricerca originale GAUSS sull'astrodinamica, RF, ottica, ADCS, AOCS e rilevamento di detriti spaziali. UNISAT-7 ospita un payload Radioamatoriale

e di Telemetria (TLM). Il satellite ospita payload tecnologici per l'osservazione della Terra basati su COTS e HW open source.

Il satellite è dotato di quattro deployer 3U CubeSat (uno montato) e quattro deployer per Pocket Qubes (due montati).

### 3. Sistemi di osservazione della Terra

L'osservazione della Terra o Telerilevamento significa misurare un oggetto a distanza, senza alcun contatto fisico con l'oggetto stesso.

I sistemi di Telerilevamento Satellitare (*Satellite Remote Sensing* o *Earth Observation*) operano normalmente su orbite **LEO** e permettono di ricavare informazioni sull'ambiente e sulla superficie del pianeta in base a immagini rilevate da sensori posti a bordo di satelliti.

I sensori utilizzano radiazione riflessa o emessa da un oggetto e si distinguono in:

- **Sensori attivi:** SAR (Synthetic Aperture Radar);
- **Sensori passivi:** ottico pancromatico, multi e iperspettrale.

I sensori attivi SAR operano in qualsiasi condizione ovvero di giorno e di notte e in presenza di nuvole a differenza dei sensori ottici che operano solo di giorno. I *sensori passivi* hanno le seguenti caratteristiche:

- **ottico pancromatico:** utilizza tutta la banda dello spettro ottico e rappresenta una sola banda (immagine b/n);
- **ottico multispettrale:** utilizza un numero modesto di bande tipicamente compreso tra 3 e 15 e non me-

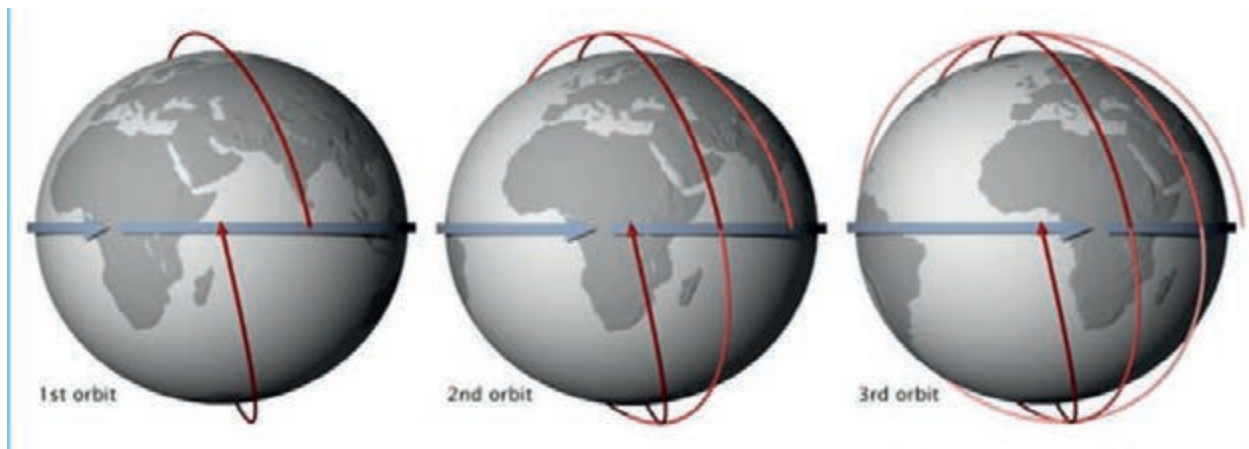


Figura 17 - Tempo di Rivisita

morizza bande di frequenze contigue;

- **ottico iperspettrale:** utilizza un numero più elevato di bande, solitamente superiore al centinaio, che rappresentano intervalli discreti dello spettro elettromagnetico e producono uno spettro complessivo per ogni pixel ritratto nella scena.

I sensori attivi sono essenzialmente quelli SAR ed utilizzano le tecniche dell'interferometria.

Il termine interferometria, nel Telerilevamento attivo designa la tecnica o i metodi che utilizzano almeno due immagini complesse di un radar ad apertura sintetica (SAR, Synthetic Aperture Radar) al fine d'ottenere delle informazioni supplementari sugli oggetti sfruttando l'informazione contenuta nella fase del segnale di ritorno.

### 3.1 Prestazioni dei Sensori

Con riferimento alle prestazioni dei sensori, i parametri prestazionali si dividono in:

- **risoluzione spettrale** che

definisce il numero di colori che si possono vedere;

- **risoluzione radiometrica** che definisce il numero di tonalità di ciascun colore che si possono vedere;
- **risoluzione spaziale** che indica la dimensione geografica rappresentata dal lato di un singolo pixel, attualmente i sensori più performanti hanno una risoluzione spaziale di poche decine di centimetri che, comunque, dipende dalle dimensioni della lente e dall'altezza dell'orbita;
- **tempo di rivisita**, che si misura in ore o giorni e che rappresenta il tempo tra due successive opportunità di ripresa sullo stesso target e fornisce informazioni a come cambia l'oggetto nel tempo cambiando i passaggi orbitali del satellite.

### 3.2 Satelliti di osservazione della Terra (TLR - Telerilevamento)

I satelliti di osservazione della Terra sono quindi di due tipi:

- *satelliti TLR ottici* hanno una grande facilità di interpre-

tazione per i dati trasmessi (SW applicativi semplici) ma di notte e con coperture nuvolose non forniscono sufficienti dettagli;

- *satelliti TLR SAR* funzionano H24 con qualsiasi condizione meteo grazie alle tecniche interferometriche ma necessitano di SW applicativi complessi per l'elaborazione dei dati ricevuti.

Le applicazioni sono:

- monitoraggio strategico globale per finalità di intelligence, protezione civile, salvaguardia delle infrastrutture critiche, monitoraggio dei confini terrestri e marittimi;
- supporto alla gestione delle crisi e delle emergenze umanitarie e ambientali.

I sistemi di TLR più conosciuti sono:

- costellazione COSMO-Sky-Med di prima e seconda generazione;
- satelliti della Costellazione Copernicus;
- costellazione Cubesat Planet Lab.



Figura 18 - Costellazione COSMA-SkyMed

### 3.2.1 COSMO-SkyMed 1° CSK e 2° CSG

Le sue caratteristiche sono:

- orbita eliosincrona (SSO) alla quota di 619 km circa (LEO);
- inclinazione: 97,86°;
- periodo orbitale: 97 minuti circa;
- tempo di rivisita: 12 ore;
- sensori: SAR.

Il Sistema CSG garantisce la

continuità con il Sistema CSK. Al momento sono operativi 3 CSK e 2 CSG.

### 3.2.2 Copernicus e le Sentinelle

Copernicus è un programma spaziale europeo di punta guidato dalla Commissione Europea, ESA & EUMETSAT che ne coordinano la componente spaziale. Copernicus fornisce i dati necessari per il monitoraggio operativo dell'ambiente e per la sicurezza civile tramite i suoi satelliti Sentinel.

I sensori dei Sentinel sono a seconda dei satelliti:

- SAR;
- Ottici;
- strumenti e sensori per la Geofisica.

### 3.2.3 Costellazione Cubesat di Planet Lab

La società **Planet Lab** è una società americana che opera dal 2012 con una costellazione di Cubesat di 3U con sensori ot-

tici a bordo. **SkySat** è il nome della costellazione che acquisisce immagini pancromatiche e multispettrali della Terra ad alta risoluzione.

Oggi, dopo il lancio nel gennaio 2021 di 48 Planet SuperDove, la costellazione ha raggiunto oltre 200 satelliti attivi denominati Dove (Colombe).

La vita operativa di ogni Cubesat è di circa 3 anni che quindi vengono rimpiazzati con nuovi lanci multipli. I satelliti Dove sono CubeSat che pesano **4 Kg** di dimensioni 10 x 10 x 30 centimetri ed orbitano a un'altezza di circa **400 chilometri** e forniscono immagini con una **risoluzione di 3-5 metri** e applicazioni ambientali, umanitarie e aziendali previste.

Grazie ai satelliti Dove che orbitano in "stormi", è possibile effettuare aggiornamenti giornalieri o addirittura orari delle immagini della superficie terrestre.



Figura 19 - Sent-1A/B



Figura 20 - Sent-2A/B



Figura 21 - Sent-3A/B



Figura 22 - Sent-4A/B

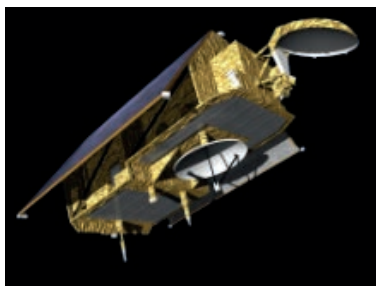


Figura 23 - Sent-5/5P

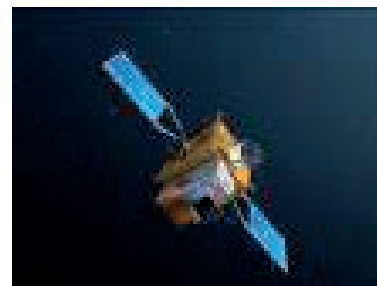


Figura 24 - Sent-6/Jason-CS

#### 4 Responsive Space Nazionale

Il concetto “Responsive Space Nazionale” è quello di disporre di una capacità di mezzi tecnologici (realizzazione in tempi brevi di piccoli satelliti) e di opportunità lancio nello spazio che possano essere rapidamente mobilitati nel caso di emergenze nazionali.

Il tema delle capacità tecnologiche per realizzare piccoli satelliti in tempi brevi è uno dei temi fondamentali da affrontare in ambito nazionale proponendo delle sinergie tra grandi e piccole aziende della filiera spaziale nazionale. Le capacità tecnologiche a livello nazionale ci sono ma le sinergie bisogna costruirle in fretta per non perdere le opportunità che si stanno creando per le costellazioni LEO per servizio EO o NTN.

In merito alle capacità di lancio, questo tema è stato già affrontato sia:

- nel Workshop del 13 maggio 2022 a L'Aquila (organizzato dalla Commissione Aerospazio dell'Ordine degli Ingegneri di Roma con lo SPARC e il Consiglio Regionale dell'Abruzzo) sullo “Sviluppo di Piattaforme Mobili per l'Utilizzo dell'Orbita Bassa”;
- nel Workshop “Responsive Space Nazionale” del 28 marzo 2023 (organizzato dalle Commissioni Esplorazione dello Spazio e Costellazioni EO/NTN dell'Ordine degli Ingegneri di Roma con Teledife) presso l'ex Aeroporto di Centocelle.

In tali Workshop si è evidenziata la necessità per l'Italia di dotarsi

di piattaforme di lancio che siano facilmente e rapidamente dispiegabili per avere una completa indipendenza.

L'Italia negli ultimi 10 anni ha visto nascere diverse aziende PMI che possono fornire servizi e applicazioni per l'orbita LEO (citiamo OHB Italia, D-Orbit, Argotec, Sitael, etc), abbiamo un lanciatore dedicato all'orbita bassa Vega C (Avio) ma ancora non abbiamo pianificato delle piattaforme di lancio mobili rapidamente dispiegabili e operative.

Sarebbe un obiettivo strategico importante pianificarne la realizzazione nell'ambito dei fondi stanziati per il PNRR.

#### 4.1 Piattaforme Mobili di Lancio

Negli ultimi dieci anni, in Italia sono state fondate diverse PMI specializzate in servizi e applicazioni per l'orbita LEO, tra cui OHB Italia, D-Orbit, Argotec e Sitael. Sebbene disponiamo del lanciatore Vega C di Avio per l'orbita bassa, manca ancora una pianificazione per lo svi-

luppo di piattaforme di lancio mobili, rapidamente attivabili e operative. L'Ordine degli Ingegneri di Roma ha organizzato un Workshop con la Scuola di Ingegneria Aerospaziale (SIA) il 19 ottobre 2018 sul tema “Accesso e sfruttamento all'orbita bassa” in cui si è parlato anche di piattaforme mobili di lancio ed in particolare la piattaforma aerea e navale.

#### 4.1.1 Piattaforma aerea

Il lancio aviotrasportato consiste nel trasporto in quota tramite un velivolo, di solito appositamente adattato o progettato, detto “velivolo carrier”, di un piccolo lanciatore il quale, una volta rilasciato, attiverà il suo sistema di propulsione fino all'inserimento in orbita del satellite.

L'accesso indipendente e rapido allo spazio, da utilizzare per scenari di crisi, rappresenta una capacità strategica che è importante acquisire, a beneficio della difesa e del paese, attraverso piattaforme aeree che vantano



Figura 26

flessibilità e dinamicità di impiego non eguagliabili da quelle di superficie.

Il razzo rilasciato da Cargo può imbarcare un microsatellite fino a un peso di 400 Kg.

#### 4.1.2 Piattaforma navale

Sono diverse le tipologie di piattaforma mobile di lancio navale che possono essere scelte, l'importante è che siano facilmente dispiegabili e pronte all'uso in caso di necessità, tenendo conto che molte operazioni sul vettore e sul satellite possono essere fatte durante la navigazione. Il lanciatore navale per orbita LEO può imbarcare un microsatellite dai 300 ai 450 Kg.

Si prospetta un possibile e ipotetico futuro da nave civile per la portaerei italiana Garibaldi; è con riferimento a tale piattaforma, ma non solo ad essa, che si sta completando il progetto SIMONA (Sistema di Messa in Orbita NAVale) per lo studio del lancio di satelliti civili e militari da piattaforma navale (militare) o marittimo (civile commerciale). Potrebbero essere utilizzati lanciatori Vega a 2 stadi per la mes-

sa in orbita bassa di satelliti con una massa attorno dai 300 ai 450 kg. I primi risultati di SIMONA, condotto dalla già citata SIA da parte del Professor Teofilatto, consentono di guardare con ottimismo al lancio da ambiente navale o marittimo. SIMONA è un programma di studio e non comporta alcuna decisione sul futuro di nave Garibaldi.

Spostare vettori e satelliti ha un costo elevato, così come mantenere una base di lancio dall'altra parte del globo. L'idea di avere a disposizione una nave come la "Garibaldi", opportunamente trasformata, o altre idonee piattaforme marittime, darebbe un forte impulso al settore spaziale italiano. La possibilità di lanciare satelliti (che sono sempre più piccoli e leggeri) da una piattaforma navale o marittima mobile garantisce maggiore autonomia (senza vincoli di meteo o costi di trasporto).

#### 4.2 Considerazioni sulle piattaforme mobili di lancio

Nel caso di lancio da **piattaforma aerea** il nanosatellite può avere un peso di 20/25 kg per

alcune tipologie di aerei caccia non più in servizio e un peso non superiore, ottimisticamente, a 5 kg per i caccia in servizio; si può andare da 150 a 450 kg per grossi aerei da trasporto per la dislocazione in un'orbita LEO a 300/500 km di altezza, operando peraltro con i limiti già discussi.

Nel caso di lancio da **piattaforma navale o marittima** il microsatellite può avere una coppia peso/orbita molto più performante per via della scalabilità della piattaforma; i prudenti calcoli fatti in ambito SIMONA con riferimento a quanto potrebbe essere fatto su nave Garibaldi suggeriscono un payload dai 300 ai 450 kg con dislocazione nelle orbite LEO da 200 a 600 km di altezza. Cambiando piattaforma e progettandola fin dall'inizio per farle svolgere il compito di accesso allo spazio le prestazioni aumentano in modo molto significativo. Basta ricordare che la società Sea Launch poteva mettere in orbita geostazionaria satelliti del peso di svariate tonnellate.

Quindi la piattaforma mobile navale o marittima è quella che più si presta al tipo di lanci di microsatelliti per orbita bassa e, più in generale, all'accesso allo spazio qualora non si disponga di poligoni adatti sul proprio territorio.

Anche i lanciatori meritano un'attenta riflessione perché il Vega C non può essere l'unica soluzione. Ciò sia per ragioni di sostenibilità ambientale, tecnica ed economica sia per l'evoluzione tecnologica in corso. Bisogna avere dei lanciatori a combustibile liquido possibilmente riuti-

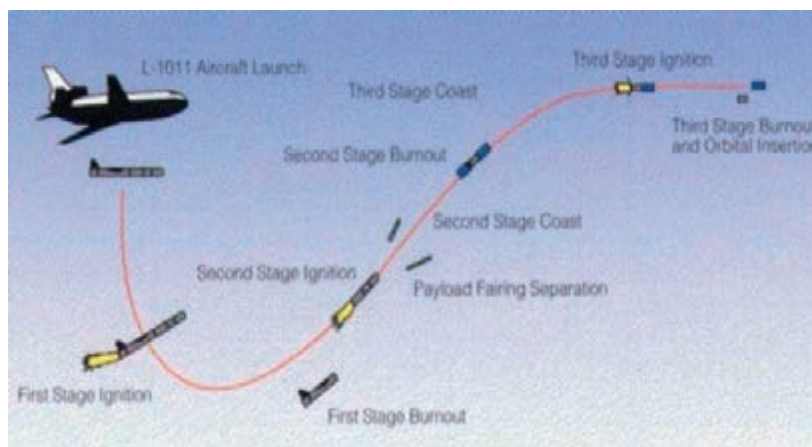


Figura 27

lizzabili; essi sono certamente impiegabili nel lancio da piattaforma navale o marittima, che facilmente può ospitare varie tipologie di vettori spaziali.

Opportuno, inoltre, ricordare come nei convegni dell'Ordine sia emersa l'opportunità di un supporto pubblico allo sviluppo di tale tipo di soluzioni. Una

volta assicurato lo sviluppo affidandone il rischio alla fiscalità generale, si saranno creati anche gli spazi per un intervento dei privati nella fornitura di servizi di lancio in cui i costi siano essenzialmente di natura ricorrente ed in cui sembra possibile realizzare degli equi profitti.

La piattaforma navale o ma-

rittima mobile consente, infine, di disporre di un importante strumento per rivitalizzare la base di Malindi quale stazione di tracking e supporto logistico, riavviando la space diplomacy con il Kenia secondo un modello che può essere esteso ad altri partner africani. In piena sintonia e sinergia con il Piano Mattei.



Figura 28





# AREE DEL SITO WEB DELL'ORDINE



L'Homepage  
[www.ording.roma.it](http://www.ording.roma.it)



L'Albo degli iscritti  
<https://www.ording.roma.it/albo-iscritti>



L'Area degli iscritti  
<https://area-iscritti.ording.roma.it/>



I seminari  
<https://www.ording.roma.it/formazione/>



Sito della rivista  
<https://rivista.ording.roma.it>



Elenco delle Commissioni  
<https://ording.roma.it/servizi-agli-iscritti/commissioni>

## ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI ROMA

Piazza della Repubblica, 59 - 00185 Roma

Tel.: 06.487.9311 - Fax: 06.487.931.223

Cod.fisc. 80201950583

### Orari di apertura al pubblico degli uffici

Lun	09:30/12:30	14:30/17:30	Gio	09:30/12:30	14:30/17:30
Mar	09:30/12:30	14:30/17:30	Ven	09:30/12:30	
Mer	09:30/12:30	14:30/17:30	Sab	09:30/12:30	

La Segreteria dell'Ordine chiude alle ore 16:00





*È possibile consultare  
tutti i numeri  
all'indirizzo Internet  
[rivista.ording.roma.it](http://rivista.ording.roma.it)*

io  
roma

