

Seminario

# Tecnologie e costellazioni satellitari emergenti

---

*Le nuove costellazioni per l'Osservazione della Terra*

---

*Ing. Stefano Coltellacci*

*Vice Presidente Commissione Aerospazio- Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma*

*03 Dicembre 2021*

*Sala Caccia Dominioni SMD - Via di Centocelle 301 Roma*



Fondazione  
Ordine degli Ingegneri  
Provincia di Roma



## Indice degli argomenti:

- **Origini**
  - Progetto RAND
  - WS117-L/Discoverer/CORONA
- **Modelli di sviluppo dei sistemi di Osservazione della Terra**
  - USGS, NASA, NOAA, ESA e EUMETSAT
  - USA Guerra Fredda: KH-xx
  - USA post Guerra Fredda : FIA, ClearView, NextView, EnhancedView
  - Sistemi Duali: Europa e Israele
- **Il cambio di paradigma attuale**
  - Evoluzione dei fattori tecnologici dei sistemi di Osservazione della Terra
  - Old Vs New Space Economy
  - I potenziali sviluppi futuri



---

Ing. Stefano Coltellacci

Tecnologie e costellazioni satellitari emergenti

03 / 12 / 2021 | pag. 2

## Origini - Il Progetto RAND

Nel 1946 il Dipartimento della Difesa Americano avviò un vasto studio di fattibilità per satelliti in orbita attorno alla Terra nell'ambito del Progetto RAND <sup>(1)</sup>

Otto anni dopo RAND ha presentato "un'analisi del potenziale di un metodo di ricognizione non convenzionale" e ha concluso che “con questa piattaforma da ricognizione si possono ottenere dati di notevole valore e che completano la copertura del territorio sovietico e con l’acquisizione di tali immagini si avrà una importante inversione della nostra posizione di intelligence strategica rispetto ai sovietici.”<sup>(2)</sup>

(1) RAND era nato poco dopo la seconda guerra mondiale come uno studio della Douglas Aircraft. RAND era l'acronimo di Research on America's National Defense.

(2) “The CORONA Story - Center for the Study of National Reconnaissance - Chantilly, VA - September 2013



## Origini - WS117-L/Discoverer/CORONA

Il programma, composto da 12 lanci, doveva diventare operativo intorno al giugno 1959 e da completare nella primavera del 1960.

**Discoverer Flight Summary - 1959**

Discoverer No.	Mission No.	Date	Camera	Remarks
I		28 Feb	N/A	No capsule flown.
II		13 Apr	N/A	Capsule ejected over Norway.
III		3 Jun	N/A	Agena did not orbit.
IV	9001	25 Jun	C	Agena did not orbit.
V	9002	13 Aug	C	Not recovered. Camera failed on Rev 1.
VI	9003	19 Aug	C	Retrorocket malfunction. Not recovered. Camera failed on Rev 2.
VII	9004	7 Nov	C	Agena failed to orbit.
VIII	9005	20 Nov	C	Bad orbit. Camera failure. No recovery.

**Discoverer Flight Summary - 1960**

Discoverer No.	Mission No.	Date	Camera	Remarks
IX	9006	4 Feb	C	Agena failed to orbit.
X	9007	19 Feb	C	Agena failed to orbit.
XI	9008	15 Apr	C	Spin rocket failure. Camera operated OK. No recovery.
XII		29 June	N/A	Diagnostic flight. Agena failed to orbit.
XIII		10 Aug	N/A	First successful diagnostic flight. Successful water pick-up.
XIV	9009	18 Aug	C	First successful operational aircatch. Camera operated OK.
XV	9010	13 Sep	C	Wrong pitch attitude on reentry. No recovery. Camera operated OK.
XVI	9011	26 Oct	C'	Agena failed to orbit. "D"-timer malfunction.
XVII	9012	12 Nov	C'	Air catch. Payload malfunction.
XVIII	9013	7 Dec	C'	Air catch. 1st successful C' flight.
XIX		20 Dec	N/A	Radiometric payload. No photo mission or recovery planned.

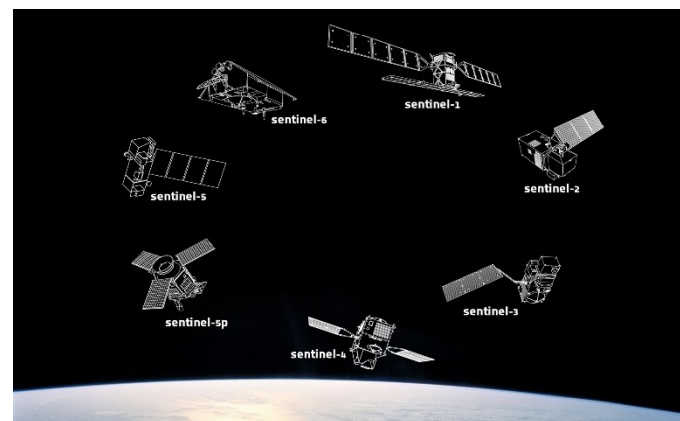
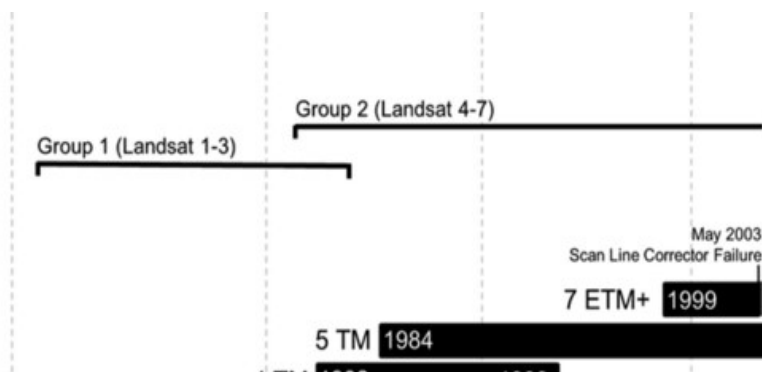
"The CORONA Story - Center for the Study of National Reconnaissance - Chantilly, VA - September 2013

Ing. Stefano Coltellacci

Tecnologie e costellazioni satellitari emergenti

## Modelli di sviluppo dei sistemi di Osservazione della Terra USGS, NASA, NOAA, ESA e EUMETSAT

I satelliti per monitoraggio delle risorse naturali LANDSAT e la costellazione Copernicus sono un riferimento per la categoria. Questi satelliti hanno tempi di sviluppo, costruzione e gestione operativa lunghi, avendoci come unico requisito la continuità del monitoraggio. La gestione è mista NASA, USGS e NOAA (USA) e ESA (Europa) quindi sempre nell'ambito dei programmi scientifici governativi con alti costi e ritorni non di tipo economico



"A survival guide to Landsat preprocessing» - Nicholas E. et alii - Ecology, 98(4), ESA website

Ing. Stefano Coltellacci

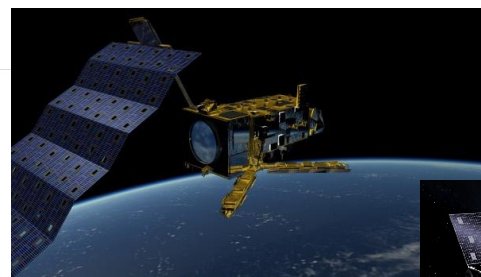
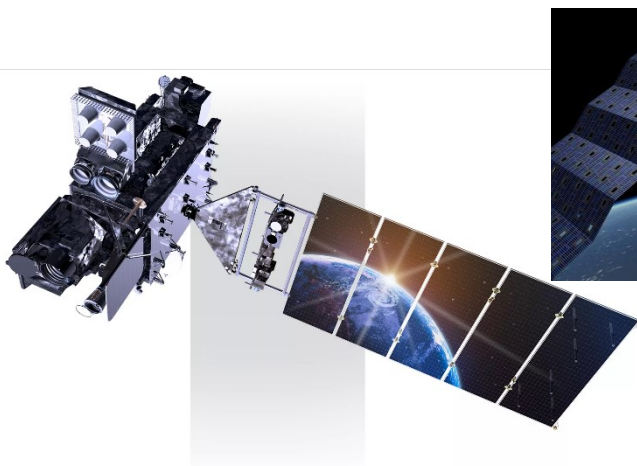
Tecnologie e costellazioni satellitari emergenti

## Modelli di sviluppo dei sistemi di Osservazione della Terra USGS, NASA, NOAA, ESA e EUMETSAT

I satelliti meteo sono una risorsa fondamentale, gli enti che li gestiscono sono il NOAA (USA) e EUMETSAT (Europa). Le previsioni meteo sono una risorsa di alto valore per la salvaguardia e lo sviluppo economico mondiale e sono gestite a livello governativo. Il NOAA ha anche un satellite su L1 per monitoraggio dello space weather



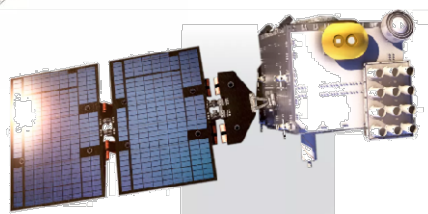
NOAA, ESA & EUMETSAT websites





## Modelli di sviluppo dei sistemi di Osservazione della Terra USGS, NASA, NOAA, ESA e EUMETSAT

I satelliti per monitoraggio specifico di una o più matrici ambientali sono gestiti da NOAA e ESA, (in quest'ultimo caso possiamo citare gli Earth Explorers). Sono di lunghissimo sviluppo e alto costo dato il valore scientifico dei payload, i governi USA e europei contano molto su questi programmi nel monitorare l'evoluzione dei cambiamenti climatici.



NOAA & ESA websites



Ing. Stefano Coltellacci

Tecnologie e costellazioni satellitari emergenti



## Modelli di sviluppo dei sistemi di Osservazione della Terra USA Guerra Fredda: KH-xx

I satelliti della cosiddetta serie KH (Key Hole era all'inizio la denominazione del payload) sono stati centinaia con costi di sviluppo immensi e gestione fino ai giorni nostri da parte di CIA e NRO. Hanno contribuito a formare gran parte dell'industria aerospaziale USA di sistemi satellite e lanciatori

	KH-1	KH-2	KH-3	KH-4	KH-4A	KH-4B
Period of Operation	1959-60	1960-61	1961-62	1962-63	1963-69	1967-72
Number of RVs	1	1	1	1	2	2
Mission						
Series	9000	9000	9000	9000	1000	1100
Life	1 day	2-3 days	1-4 days	6-7 days	4-15 days	19 days
Altitude (nm)						
Perigee	103.5 (e)	136.0 (e)	117.0 (e)	114.0 (e)	u/a <sup>1</sup>	u/a
Apogee	441.0 (e)	380.0 (e)	125.0 (e)	224.0 (e)	100 (e)	81 (e)
Avg Ops	u/a	u/a	u/a	110 (e)	100 (e)	81 (e)
Missions						
Total	10	10	6	26	52	17
Successful	1	4	4	21	49	16
Targets	USSR	emphasis on USSR			worldwide/emphasis on denied areas	

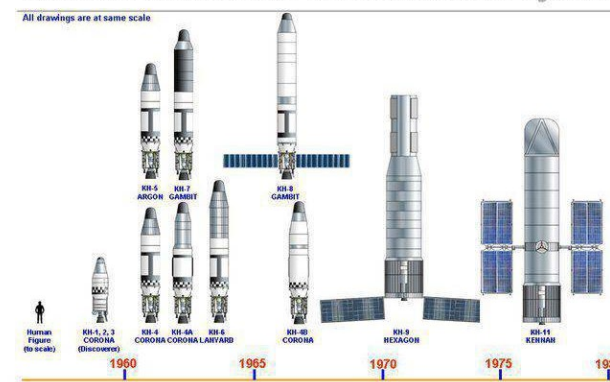
\*estimated

\*unavailable

\*Denied areas were generally considered to be Communist-controlled areas.



### Evolution of American Reconnaissance Systems



"The CORONA Story - Center for the Study of National Reconnaissance - Chantilly, VA - September 2013, USAF, Giuseppe De Chiara



Ing. Stefano Coltellacci

Tecnologie e costellazioni satellitari emergenti

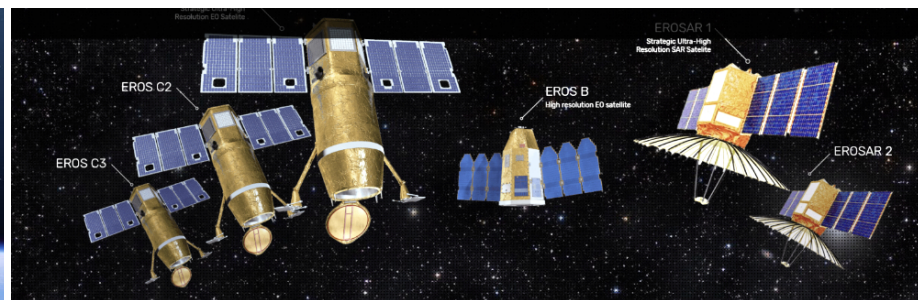
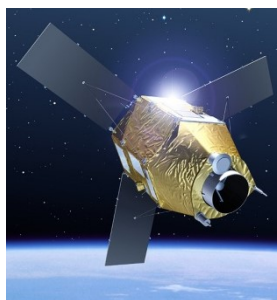
## Modelli di sviluppo dei sistemi di Osservazione della Terra USA post Guerra Fredda : FIA, ClearView, NextView, EnhancedView

Nel 1999 gli USA avviarono il programma FIA che ebbe aumenti di costi di sviluppo imprevisti (+400%). La mutata situazione internazionale e la richiesta di immagini davanti alle crescenti minacce asimmetriche ebbe come risultato lo stabilirsi di contratti pluriennali con società commerciali che già operavano con satelliti ottici, le aziende così svilupparono una sofisticata e corposa famiglia di satelliti. FIA fu annullato tranne che per i satelliti radar e il DoD ordinò pochi satelliti KH-1x ottici migliorati per missioni di lunga durata.



## Modelli di sviluppo dei sistemi di Osservazione della Terra Sistemi Duali: Europa e Israele

In Europa e in Israele ebbero successo, dai primi anni 2000 satelliti per Osservazione della Terra ad uso “duale” ovvero sia in ambito Difesa che Civile, sia governativo che commerciale. Il finanziamento proveniva da fondi statali o da società di proprietà/partecipazione dello stato. In Europa il sofisticato progetto della costellazione Cosmo Skymed (CSK) dotata di payload SAR e gestita da ASI e ItMoD, in completamento una successiva costellazione di seconda generazione (CSG), da menzionare anche la costellazione Pleiades/Pleiades NEO gestita dal CNES. In Israele, tramite la sua costellazione di satelliti EROS A, B e C, Image Sat Intl. offre immagini in HR e VHR a enti governativi e commerciali sia nazionali e internazionali con modalità innovative.

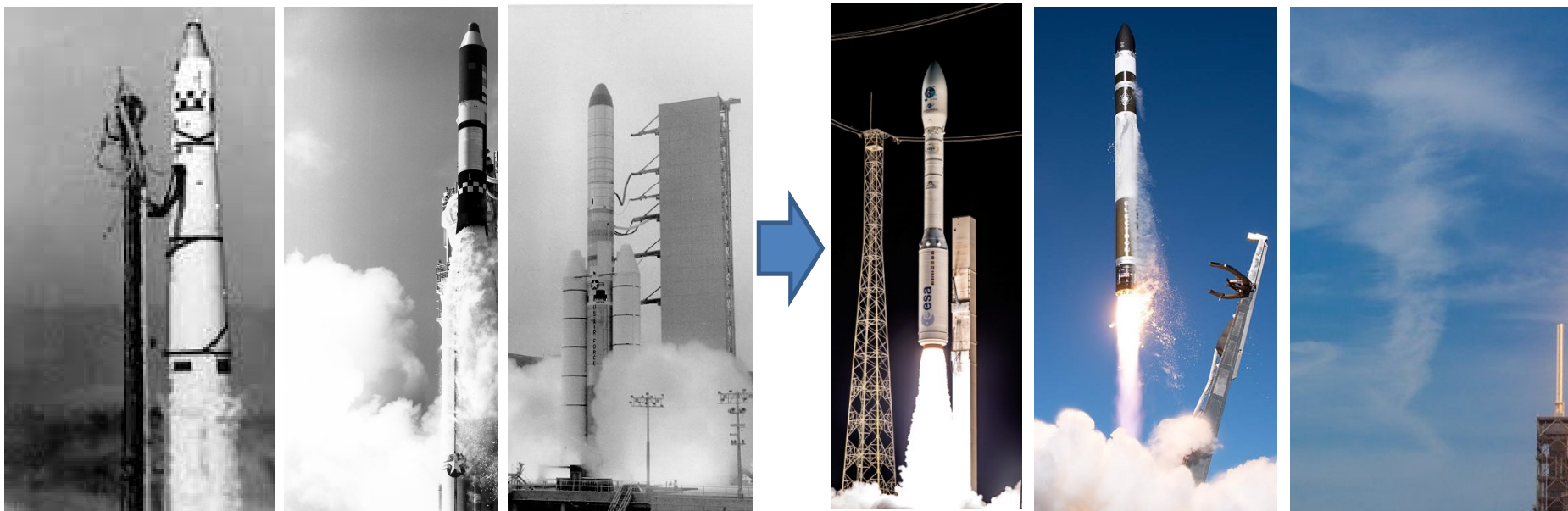




## Il cambio di paradigma attuale

### Evoluzione dei fattori tecnologici dei sistemi di Osservazione della Terra

#### Lanciatori



Wikipedia, NRO, ASI, Rocket Lab and SpaceX website

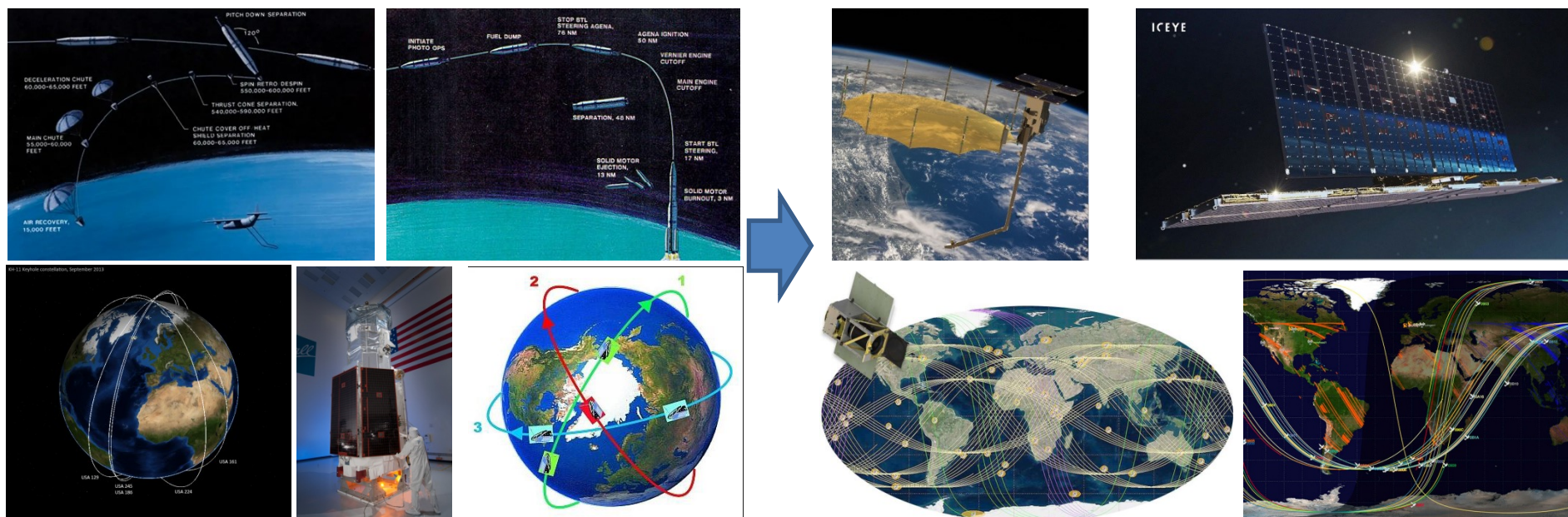
Ing. Stefano Coltellacci

Tecnologie e costellazioni satellitari emergenti

## Il cambio di paradigma attuale

### Evoluzione dei fattori tecnologici dei sistemi di Osservazione della Terra

#### Piattaforma satellitare/dispiegamento orbitale



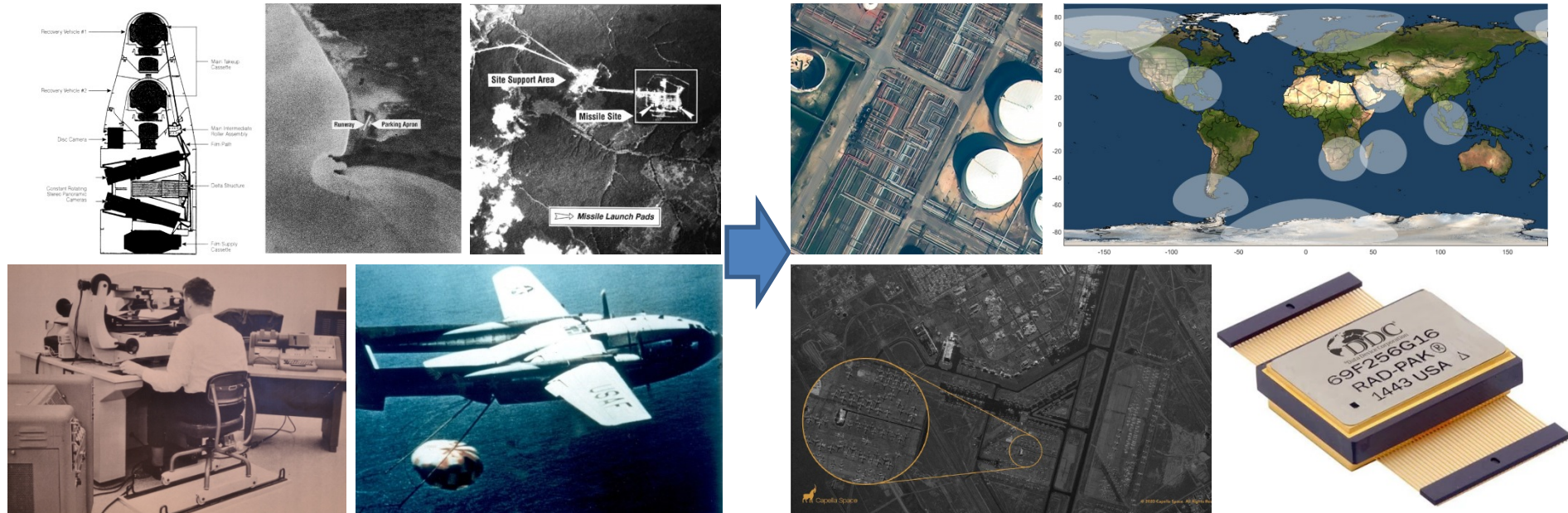
Wikipedia, NRO, Ball Aerospace, DLR, ICEYE, Capella Space, Planet Labs, Black Sky website

Ing. Stefano Coltellacci

Tecnologie e costellazioni satellitari emergenti



**Il cambio di paradigma attuale**  
**Evoluzione dei fattori tecnologici dei sistemi di Osservazione della Terra**  
 Supporto di memorizzazione/ recupero/trattazione delle immagini



(2) Wikipedia, NRO, MAXAR, Capella Space, Data Device Corporation website

Ing. Stefano Coltellacci

## Tecnologie e costellazioni satellitari emergenti

## Il cambio di paradigma attuale

### Evoluzione dei fattori tecnologici dei sistemi di Osservazione della Terra

#### Old Vs New Space Economy - 1

All'interno delle attività che compongono il settore aerospazio (*sistemi EO compresi*) si distinguono due grandi categorie:

❑ **upstream**, infrastrutture fisiche abilitanti al raggiungimento dello Spazio e alle operazioni in orbita (sistemi di lancio, vettori, satelliti, apparecchiature);

❑ **downstream**, operazioni, servizi e prodotti derivanti dalla raccolta dati e trasmissione segnali dei satelliti, dati poi analizzati da strumenti di software e resi disponibili a un uso commerciale, sia direttamente che indirettamente attraverso applicazioni: EO – Earth Observation o posizionamento, navigazione, osservazione meteo. Tutte le attività space-enabled che per esistere e funzionare dipendono dalle infrastrutture spaziali. Le attività *downstream* consentono lo sviluppo delle cosiddette attività space-derived (o space-related) in altri settori economici, che non devono la loro esistenza al settore spaziale ma che hanno beneficiato del trasferimento tecnologico (ad esempio trasporti, tessile e agricoltura)

---

(2) Le frontiere della Space economy per l'Italia - Giacomo Centanaro – Pandora Rivista



## **Il cambio di paradigma attuale**

### **Evoluzione dei fattori tecnologici dei sistemi di Osservazione della Terra**

#### **Old Vs New Space Economy - 2**

La possibilità di godere di una “economia dello spazio” è stata spesso subordinata agli imperativi di sicurezza nazionale (*o attività di esclusiva prerogativa come METEO o gestione AMBIENTALE/TERRITORIALE*) che concedono agli attori privati la possibilità di pensare in termini di profitto come un privilegio non scontato, in un dominio la cui esplorazione non è stata per decenni guidata da un afflato ecumenico-scientifico bensì dalla competizione per la superiorità strategica tra superpotenze

## Il cambio di paradigma attuale

### Evoluzione dei fattori tecnologici dei sistemi di Osservazione della Terra

#### Old Vs New Space Economy - 3

La nascita della “Nuova era spaziale” (*attori diversi, diversi obiettivi*) negli anni Novanta e l’apertura dello spazio anche agli attori privati hanno generato un trend internazionale di collaborazione pubblico-privato. La “staffetta” tra ricerca pubblica (*i cui investimenti e commesse risultano determinanti nel guidare i comparti spaziali nazionali*) e iniziative private (dalle piccole start-up innovative a grandi attori come Space-X, Blue Origin, Virgin Galactic) sta evidenziando un trend evidente: la messa in orbita di satelliti commerciali **nel 2020 è aumentato del 477%** rispetto al 2019, e il valore complessivo del SNET Global 2500 **è cresciuto nel 2020 del 14,7%**, riuscendo a resistere all’impatto della pandemia soprattutto grazie a contratti a lungo termine con attori governativi. La realtà della Space economy è bifronte, e mostra una **rapida ascesa del settore privato con una persistente presenza pubblica**.

(2) Le frontiere della Space economy per l’Italia - Giacomo Centanaro – Pandora Rivista

Ing. Stefano Coltellacci

Tecnologie e costellazioni satellitari emergenti

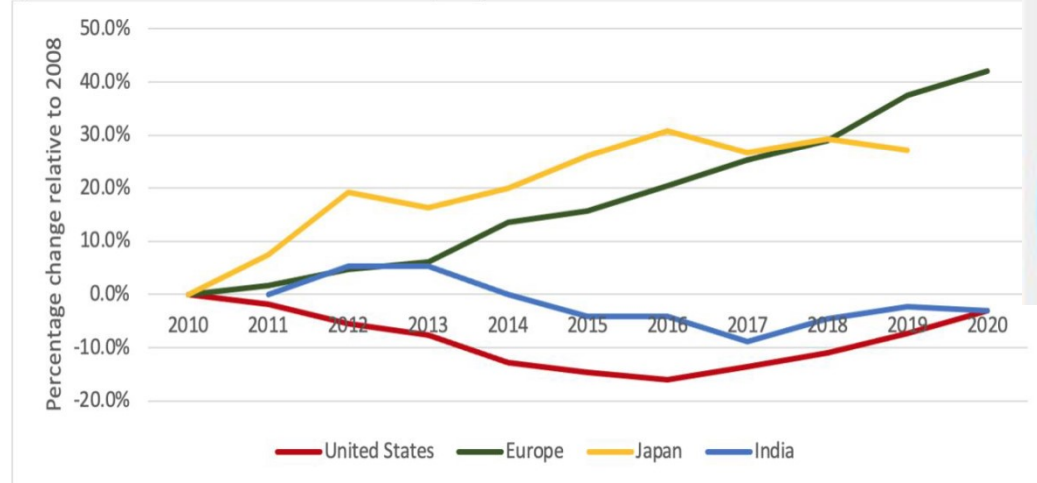
03 / 12 / 2021 | pag. 17

## Il cambio di paradigma attuale

### Evoluzione dei fattori tecnologici dei sistemi di Osservazione della Terra

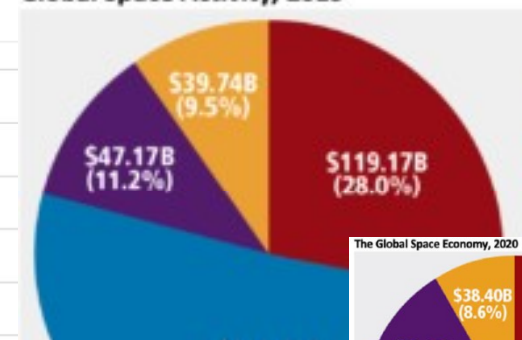
#### Old Vs New Space Economy - 4

Space Workforce Trends in the United States, Europe, Japan, and India, 2010-2020

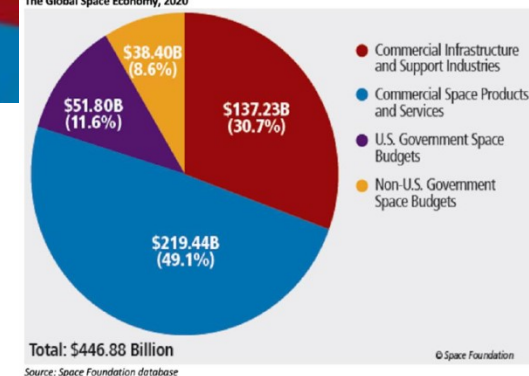


Source: U.S. Bureau of Labor Statistics, Eurospace, Society of Japanese Aerospace Companies, India Department of Space

Global Space Activity, 2019



The Global Space Economy, 2020



## **Il cambio di paradigma attuale**

### **Evoluzione dei fattori tecnologici dei sistemi di Osservazione della Terra**

I potenziali sviluppi futuri

- ✓ La miniaturizzazione dell'elettronica permetterà lo sviluppo di piattaforme molto più piccole ed economiche di quelle attuali (1-500 Kg), esse potranno trovare posto su grandi lanciatori dedicati per folti dispiegamenti, ma anche su piccoli lanciatori per sostituzione di satelliti non operativi
- ✓ La diminuzione della taglia dei satelliti sarà percentualmente minore nei sistemi ottici dove l'alta risoluzione è requisito primario, si prevede un forte sviluppo nella elaborazione a terra per ottenere prodotti immagine con risoluzioni elevate (sintetiche) anche a fronte di ottiche di ridotte dimensioni
- ✓ Per i satelliti con payload SAR la minore potenza a bordo sarà bilanciata dall'alto numero di satelliti della medesima classe appartenenti alla costellazione che potranno colmare il requisito di time coverage/orbit
- ✓ Il ground segment sarà composto da piccole stazioni automatizzate per minimizzare il costo di ore/uomo e con potenziale processamento automatico della immane quantità di dati (interconnessione forte fra i nodi del GS è auspicabile). Potenziali benefici anche nel settore immobiliare per allocazione di aree "pregiate"
- ✓ Nelle costellazioni di satelliti medio-piccoli e molto sofisticati, i costi elevati di sviluppo e di quantità di materiali e ore lavoro vengono ammortizzati dalla vendita di servizi di alto valore aggiunto



## Il cambio di paradigma attuale Evoluzione dei fattori tecnologici dei sistemi di Osservazione della Terra

*Grazie per l'attenzione,  
Stefano*

