TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

ARTI4EO - NAIS NEXTANT Applications & Innovative Solutions

Antonio Monteleone

E-mail: antonio.monteleone@nais-solutions.it

Lorenzo Bernardi

E-mail: lorenzo.bernardi@nais-solutions.it

Unione europea

REGIONE LAZIO

POR 2014 2020

PROGETTI STRATEGICI AdS AEROSPAZIO

TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

NEXTANT Applications & Innovative Solutions – NAIS

NAIS nasce nel 2005 come società di ingegneria specializzata nell'**innovazione tecnologica**.

La missione:

Realizzare **soluzioni ed applicazioni innovative** in differenti settori di mercato basati su **tecnologie IT** e **servizi spaziali** (EO, GNSS, SATCOM)

Beni Culturali

Aeronautica

Spazio

Infrastrutture

Emergency

Maritime

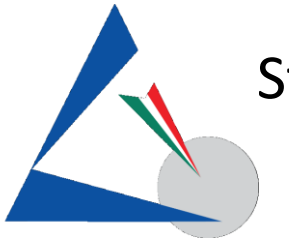
Unione europea

REGIONE LAZIO

PROGETTI STRATEGICI AdS AEROSPAZIO

TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

Prodotti & Servizi: St'ART



St'ART® offre soluzioni per la *salvaguardia* dei Beni Culturali attraverso monitoraggi e analisi specifiche *on-demand*

Si avvale di diverse *tecnologie:*

- *Satelliti osservazione della terra*
- *UAV*
- *sensori in situ*
- *ICT*

Garantisce contenuti informativi di settore certificati attraverso l'*interoperabilità* con *piattaforme istituzionali* per la valutazione dello stato di conservazione dei Beni

Carta del Rischio

(ICR - MiBACT)

Compagine di progetto

Responsabile di progetto

- Creazione dei dataset per l'addestramento, validazione e test delle NNs
- Sviluppo, addestramento e validazione della rete neurale applicata ai dati EO per la segmentazione degli edifici
- Integrazione dei workflow definiti in ArtI4EO nei processi produttivi aziendali

Responsabile scientifico

- Definizione, addestramento e validazione delle NNs per la segmentazione e la classificazione della colonizzazione biologica sui beni archeologici

TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

ARTI4EO: Obiettivi

1. Sviluppo di catene di processamento basate su tecniche ML
2. Caratterizzazione di alcune tipologie di danno sui beni archeologici
3. Validazione degli algoritmi su immagini acquisite *in-situ*
4. Proposizione di una metodologia basata su ML in grado di produrre vantaggi economici ed operativi

TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

ARTI4EO: Obiettivi raggiunti

1. Sviluppo di catene di processamento basate su tecniche ML per la segmentazione di edifici e per l'individuazione dei danni da colonizzazione biologica sui beni archeologici
2. Caratterizzazione dei tipi di colonizzazione biologica (piante, muschi, licheni e alghe) sui beni archeologici
3. Validazione degli algoritmi su immagini acquisite *in-situ* (workflow testati su i) immagini acquisite da UAV su Terme di Caracalla e Mura Aureliane, e ii) immagini satellitari VHR su Roma – Centro storico).
4. Integrazione dei workflow basati su ML nei processi di erogazione dei servizi di monitoraggio dei siti culturali erogati tramite la piattaforma commerciale St'ART e fruiti dai gestori dei siti e dall'Istituto della Conservazione e Restauro (ICR)

TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

ARTI4EO: Ulteriori obiettivi

- Realizzazione di un dataset dei danni da colonizzazione biologica sui beni archeologici, secondo una tassonomia ben definita, basato su immagini ad altissima risoluzione acquisite da UAV
- Realizzazione di un dataset multipiattaforma/multirisoluzione di circa 1500 immagini satellitari ad altissima risoluzione opportunamente etichettate per la zona di Roma.
- Integrazione del processo di segmentazione degli edifici nel workflow per l'analisi dei cambiamenti nel centro storico, finalizzato alla produzione di schede di vulnerabilità per le unità urbane da parte dell'ICR

Unione europea
REGIONE LAZIO
POR 2014 2020
PROGETTI STRATEGICI AdS AEROSPAZIO

TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO E DEL LAZIO MERIDIONALE - 1979 - SOL PER NOCTEM

Catene di processamento ML-based

Building detection

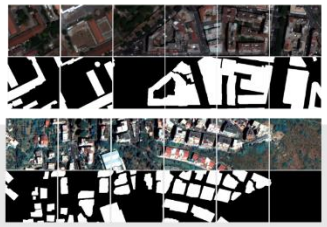
- Multispettrali (4 bande)
- Su vaste aree (25 km²)

Image pre-processing

- Pansharpening
- Ortorectification
- Padding
- Tiling

Building detection (Unet application)

Generazione della maschera



Applicazione della maschera all'RGB

- Segmentation
- Vectorization
- Semplification

Technical Report elaboration

- Change detection
- Interpretazione dei risultati
- Tematizzazione

Unione europea

REGIONE LAZIO

POR 2014 2020

PROGETTI STRATEGICI AdS AEROSPAZIO

TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CASSINO E DEL LAZIO MERIDIONALE - 1979 - SOL PER NOCTEM

Catene di processamento ML-based

Damage detection

- Fotopiano ricavato da immagini UAV (0.5 cm)

Damage detection (Mask-RCNN application)

Segmentazione del danno da colonizzazione biologica

Damage Classification (CNN)

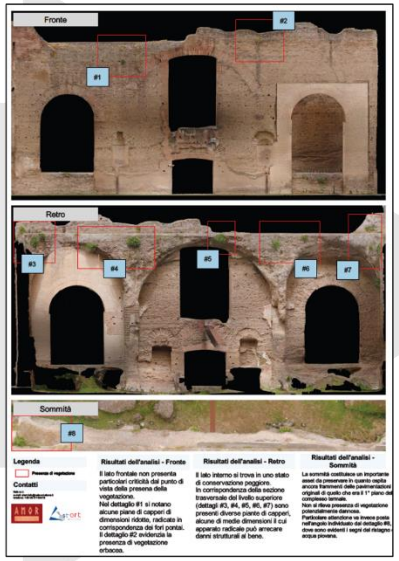
ICOMOS
international council on monuments and sites

Colonizzazione Biologica

- Piante
- Muschi
- Licheni
- Alghe

Ciascuna patch estratta tramite il segmentatore viene classificata Secondo la tassonomia ICOMOS

Technical Report elaboration

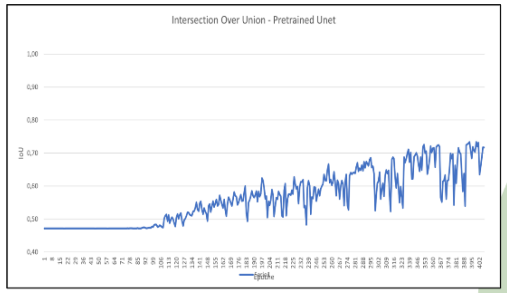


Elaborazione di un rapporto tecnico fornito al gestore del sito

Unione europea
REGIONE LAZIO
POR 2014 2020
PROGETTI STRATEGICI AdS AEROSPAZIO

Building detection: addestramento, validazione delle NN

Mean IoU



Metrics Evaluation

Dataset preparation

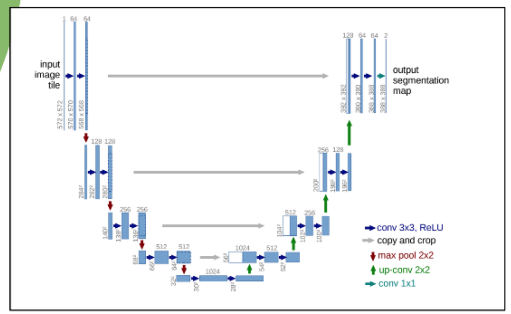
Dataset of 1500 images
- Multiresolution (60cm, 50cm, 40 cm)
- Multisensor: QuickBird, GeoEye, Pleiades, WorldView
- Acquired over Rome
- Properly labelled

Training and validation

NN topology and hyperparameters definition

- Tranfer learning with a Unet trained on 100k images of Toronto
- 400 epochs
- Validated on 300 images
- Tested on 100 images

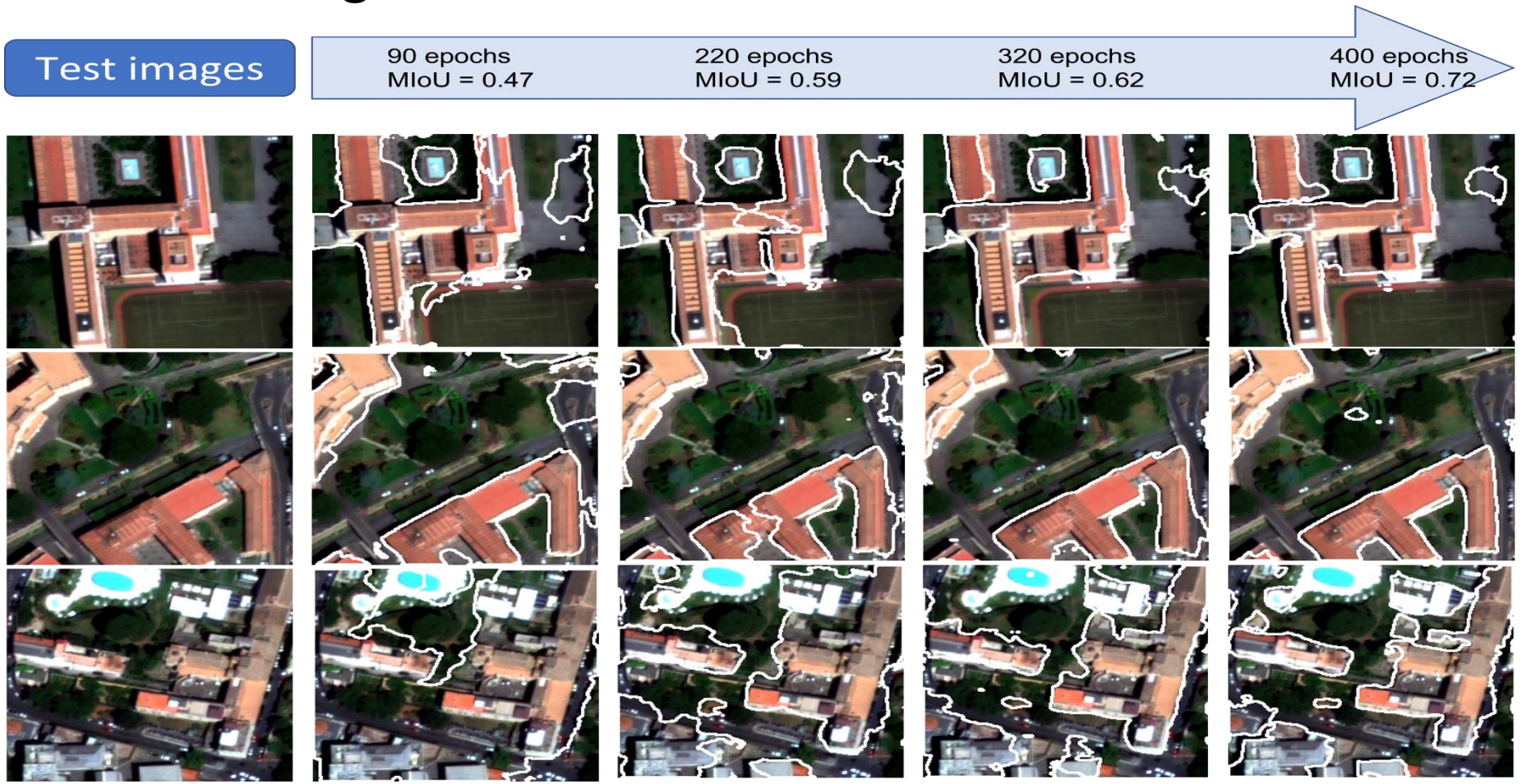
Unet



PROGETTI STRATEGICI AdS AEROSPAZIO

TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

Building detection: risultati dell'addestramento



Unione europea
REGIONE LAZIO
POR 2014 2020
PROGETTI STRATEGICI AdS AEROSPAZIO

Use Case: Valutazione della vulnerabilità applicata al Centro Storico di Roma

Building Detection

DL/ML applicato alla detection di strutture antropiche

NAIS Processing Facilities

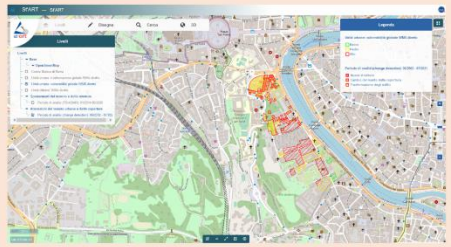
Change detection & Analisi Via della Lungara

Change detection
Realizzazione di un Rapporto tecnico per la caratterizzazione dei cambiamenti

St'Art commercial platform

Valutazione della vulnerabilità delle unità urbane

I cambiamenti che hanno interessato le strutture aiutano forniscono informazioni sul contesto urbano fondamentali per le attività di schedatura delle unità urbane.



ICR Facilities
Carta de Rischio

PROGETTI STRATEGICI AdS AEROSPAZIO

TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

Individuazione e caratterizzazione della colonizzazione biologica sui beni archeologici

Preparazione del dataset di addestramento

- Definizione del problema: tassonomia ICOMOS
- Acquisizione delle immagini (sia da camera che tramite survey UAV
- Preparazione di un Dataset unico nel suo genere:
  - Images preprocessing
  - Images labelling

Definizione, addestramento e validazione delle NN

- Definizione di una CNN per la classificazione dei tipi di danno:
  - Piante
  - Licheni
  - Muschio
  - Alghe
- Definizione di una Mask-RNN per ka segmentazione dei danni
- Valutazione delle metriche

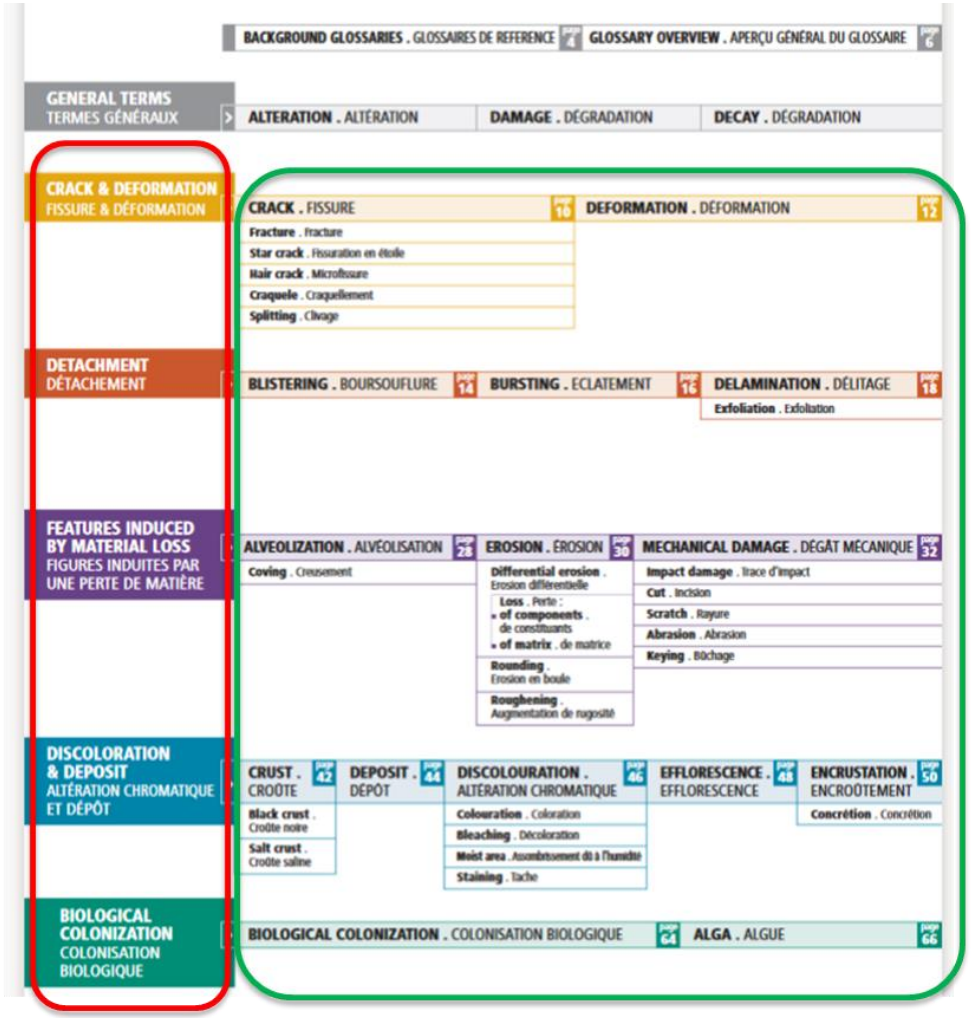
NNs testing

- Applicazione delle reti a immagini acquisite da UAV nei siti test di:
  - **Terme di Caracalla**
  - **Mura Aureliane**
- Integrazione del workflow di individuazione e classificazione dei danni da colonizzazione biologica nella processing facilities NAIS:
  - Individuazione del danno
  - Valutazione della vulnerabilità

Unione europea
REGIONE LAZIO
POR 2014 2020
PROGETTI STRATEGICI AdS AEROSPAZIO

Fenomenologia

Classificazione di I Livello



Classificazione di II Livello

Dataset per la classificazione di secondo livello

- Più di 150 immagini rappresentative dei danni di secondo livello
- Etichettatura ed annotazione utilizzando software opensource (CVAT)
- Acquisizione di nuove immagini (**in corso**)

ICOMOS
international council on monuments and sites

PROGETTI STRATEGICI AdS AEROSPAZIO

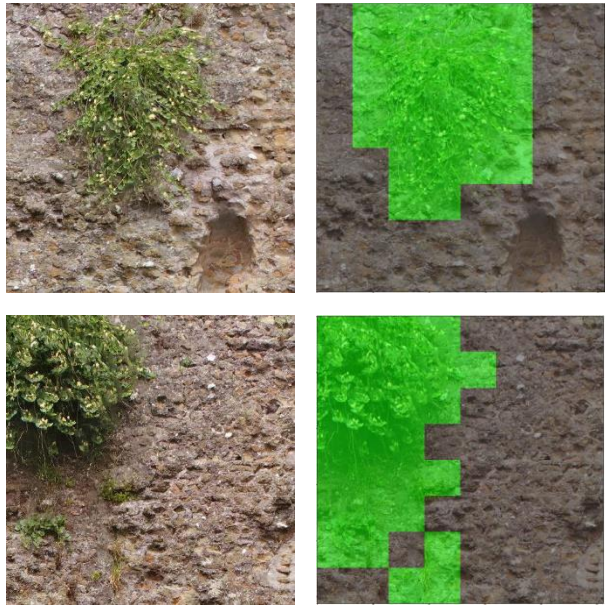
Danni da colonizzazione biologica: Segmentazione I livello

- Trasfer learning di una rete Mask-RCNN addestrata su dataset coco.
- Addestramento completato su dataset di immagini acquisite da UAV
- (Terme di Caracalla)

PROGETTI STRATEGICI AdS AEROSPAZIO

Danni da colonizzazione biologica: Classificazione II livello

```
Model: "sequential_6"
_________________________________________________________________
 Layer (type)                Output Shape              Param #
=================================================================
 conv2d_16 (Conv2D)          (None, 62, 62, 32)        896

 max_pooling2d_16 (MaxPoolin  (None, 31, 31, 32)       0
 g2D)

 conv2d_17 (Conv2D)          (None, 29, 29, 64)        18496

 max_pooling2d_17 (MaxPoolin  (None, 14, 14, 64)       0
 g2D)

 conv2d_18 (Conv2D)          (None, 12, 12, 128)       73856

 max_pooling2d_18 (MaxPoolin  (None, 6, 6, 128)        0
 g2D)

 flatten_6 (Flatten)         (None, 4608)              0

 dense_11 (Dense)            (None, 512)               2359808

 dense_12 (Dense)            (None, 4)                 2052

=================================================================
Total params: 2,455,108
Trainable params: 2,455,108
Non-trainable params: 0
_________________________________________________________________
```



Estrazione patch individuata dal segmentatore

Preprocessing della patch

Classificazione della patch

Use Case: individuazione vegetazione infestante sulle Terme di Caracalla

Defects detection

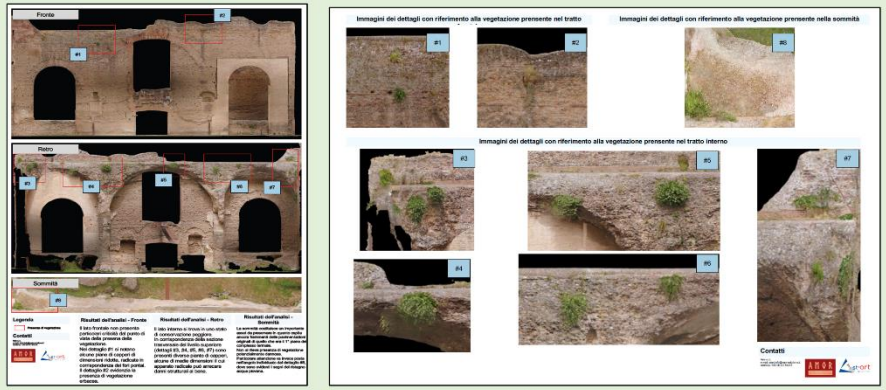
UAV Survey

DL/ML applicata al bene archeologico

NAIS Processing Facilities

Individuazione di vegetazione infestante in zone inaccessibili del bene

Produzione di un report tecnico che descrive e contestualizza i risultati ottenuti



Technical Report for weed vegetation on Terme di Caracalla

St'Art commercial platform

PROGETTI STRATEGICI AdS AEROSPAZIO

TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

Migliorare ed incrementare il dataset per la colonizzazione biologica

Migliorare il dataset per la segmentazione degli edifici da immagini satellitari

What next?

Esplorare tecniche ML per individuare ulteriori tipologie di danno (tassonomia ICOMOS)

Migliorare il processo di automazione dei workflow inserendoli in una piattaforma web-based fruibile dall'utente

Unione europea
REGIONE LAZIO
2014 2020 POR
PROGETTI STRATEGICI AdS AEROSPAZIO

TOR VERGATA
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI ROMA

HEAD OFFICE ROME
Via Andrea Noale 345/a
00155 Roma - ITALY
Tel. +39 06 91139002
Fax +39 06 91139026

BRANCH OFFICE NAPLES
Via G.Porzio,43
80126 NAPOLI
Tel: +39 081 7782144

Antonio Monteleone

E-mail: antonio.monteleone@nais-solutions.it

Lorenzo Bernardi

E-mail: lorenzo.bernardi@nais-solutions.it

Unione europea

REGIONE LAZIO

PROGETTI STRATEGICI AdS AEROSPAZIO