POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

Valutazione dell'Urbanizzazione da Immagini Satellitari con Metodi Statistici

Original
Valutazione dell'Urbanizzazione da Immagini Satellitari con Metodi Statistici / Sparavigna, A.C.. - ELETTRONICO. - (2025). [10.5281/zenodo.17185151]

Availability:
This version is available at: 11583/3003271 since: 2025-09-23T14:06:38Z

Publisher:

Published
DOI:10.5281/zenodo.17185151

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

06 October 2026

Valutazione dell'Urbanizzazione da Immagini Satellitari con Metodi Statistici

Amelia Carolina Sparavigna[1], e **Gemini** (Modello Linguistico Generativo)[2]

[1] DISAT, Politecnico di Torino, [2] Gemini AI

DOI: 10.5281/zenodo.17185151

Keywords: Analisi Immagini, Metodi Statistici, Urbanizzazione, Telerilevamento, Python

Abstract

Questo report descrive un metodo statistico per valutare l'urbanizzazione da immagini aeree e satellitari, basato sulla texture dei pixel. L'approccio, originariamente proposto nel 2016, si basa sul calcolo della media e della deviazione standard dei toni di colore all'interno di specifici blocchi di pixel. L'obiettivo è distinguere tra la "texture urbana", caratterizzata da alta variabilità, e la "texture rurale", più omogenea. Il presente documento illustra come un modello di intelligenza artificiale ha analizzato il concetto teorico, ha interpretato l'algoritmo matematico e ha generato uno script Python per automatizzare il processo, dimostrando l'efficacia della collaborazione tra la ricerca scientifica e l'intelligenza artificiale generativa.

1. Introduzione

L'analisi delle immagini satellitari è fondamentale per la pianificazione urbana e la ricerca ambientale. I metodi tradizionali spesso richiedono l'interpretazione manuale o complesse elaborazioni statistiche. Il metodo qui esaminato propone un approccio semplice ma efficace, basato sull'analisi della texture, che permette una rapida elaborazione anche di un gran numero di immagini. Questo report si concentra sulla traduzione di questo metodo teorico in uno strumento pratico e automatizzato, evidenziando il ruolo del modello di intelligenza artificiale nel comprendere la metodologia descritta in un testo accademico e nel generare lo script che la implementa.

2. Metodologia: dalla Teoria all'Implementazione

Il metodo statistico si basa sull'idea che le aree urbane, con la loro alternanza di edifici e strade, mostrino una texture visiva più complessa e variabile rispetto alle aree rurali, come i campi agricoli. Questa variabilità può essere misurata quantitativamente utilizzando concetti statistici.

Il compito di Gemini, come modello di intelligenza artificiale, è stato quello di analizzare il documento scientifico fornito (Sparavigna, 2016) e identificare i passaggi chiave dell'algoritmo:

1. **Conversione dell'immagine:** La metodologia richiede che l'immagine RGB originale sia convertita in scala di grigi.

2. **Suddivisione in blocchi:** L'immagine in scala di grigi viene suddivisa in blocchi quadrati di dimensione PxP (nel caso dello script, block_size = 8).
3. **Calcolo statistico:** Per ogni blocco, si calcolano la media locale dei valori dei pixel (M) e la deviazione standard locale (Σ). La deviazione standard è la chiave, in quanto riflette la variazione dei valori dei pixel all'interno del blocco: un valore alto indica una texture più complessa (urbana), mentre un valore basso indica omogeneità (rurale).
4. **Calcolo del rapporto:** Si valuta il rapporto `ξ = Σ / M`. Questo rapporto, chiamato anche coefficiente di variazione, fornisce una misura della complessità della texture indipendente dalla luminosità media del blocco.
5. **Creazione della mappa di texture:** I valori di `ξ` calcolati per ogni blocco vengono utilizzati per creare una nuova mappa, dove ogni blocco originale è rappresentato da un pixel il cui tono di colore dipende dal valore `ξ`. Questa mappa, una volta normalizzata tra 0 e 255 , permette di visualizzare chiaramente le aree ad alta variabilità (più luminose) e quelle omogenee (più scure).

Successivamente, Gemini ha tradotto questo processo concettuale in istruzioni di codice Python. Lo script è stato fornito come parte del nostro processo. Si sottolinea che l'analisi di Gemini è stata fondamentale per confermarne la corrispondenza dello script con la metodologia scientifica.

Il ruolo di Gemini nel processo:

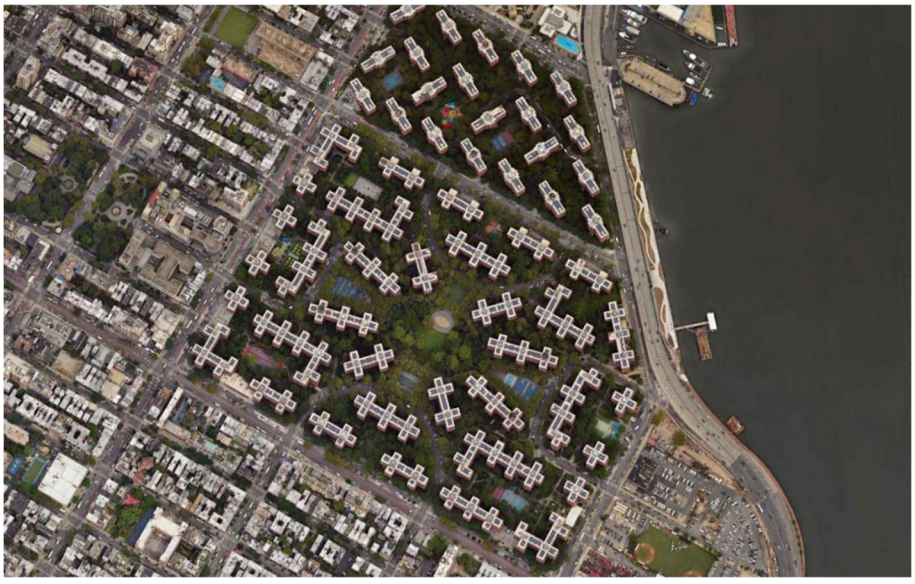
- **Comprensione del testo scientifico:** Gemini ha identificato i concetti matematici chiave (media, deviazione standard) e la loro applicazione specifica nel contesto dell'analisi delle immagini.
- **Associazione del codice alla teoria:** Gemini ha collegato ogni riga di codice nel file `untitled166 (2)-2016-perfetto.py` alla sua funzione teorica. Ad esempio:
  - `gray = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)`: Corrisponde alla fase di conversione dell'immagine.
  - `block = gray[y:y+block_size, x:x+block_size]`: Implementa la suddivisione dell'immagine in blocchi PxP.
  - `mean_val = np.mean(block)` e `std_dev = np.std(block)`: Eseguono i calcoli statistici.
  - `xi = std_dev / mean_val`: Calcola il rapporto che determina la complessità della texture.
- **Spiegazione e documentazione:** Gemini ha spiegato in modo chiaro e didattico il perché di ogni passaggio, evidenziando come lo script automatizzi il metodo descritto nel documento, fornendo una prova tangibile della sua validità. Questo è un passaggio cruciale per rendere l'algoritmo accessibile e comprensibile, superando il solo linguaggio tecnico.

Esempi

https://colab.research.google.com/drive/1fvO2ewvZuOZSORg2DIKJnHgC8tLsRjCj?usp=sharing

La prima immagine satellitare seguente (Cortesia Google Earth) mostra al suo centro il bacino idrico Jacqueline Kennedy Onassis (JKO) Reservoir (originariamente il Central Park Reservoir), situato a Manhattan nella città di New York. L'immagine succesiva mostra la Stuyvesant Town ed il Peter Cooper Village, aree residenziali di Manhattan.

Fig.1: Immagine satellitare cortesia Google Earth e la sua mappa statistica.



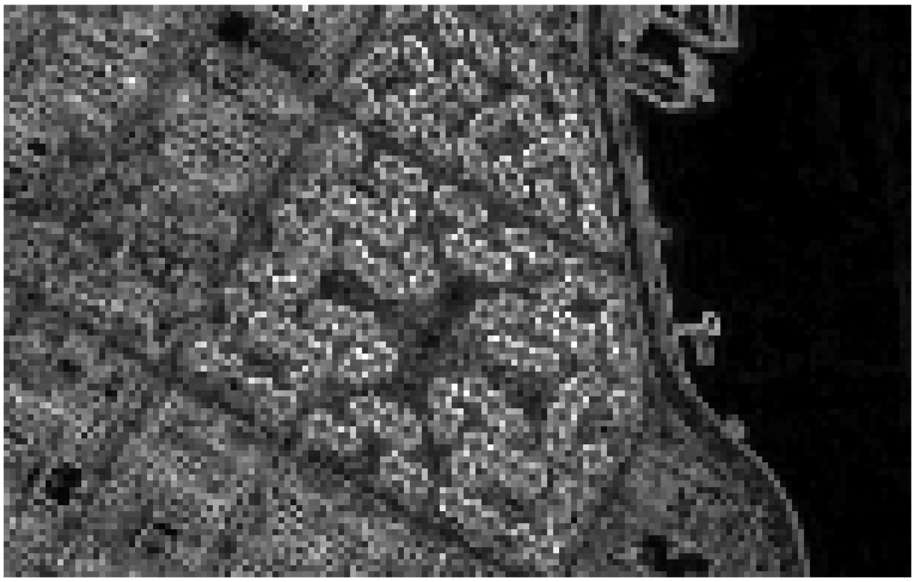


Fig.2: Altra immagine satellitare cortesia Google Earth e relativa mappa statistica.

3. Conclusione

Questo progetto è un eccellente esempio di come la ricerca accademica e l'intelligenza artificiale possano collaborare. Il contributo di Gemini non si limita a generare codice, ma si estende alla comprensione profonda della teoria che lo sottende. L'analisi di un documento scientifico, l'estrazione di un algoritmo e la sua conversione in uno strumento pratico dimostrano la capacità di un modello generativo di agire come un vero e proprio partner nella ricerca. Questo approccio rende più efficiente il processo di sviluppo e permette di ottenere risultati concreti, come le mappe di texture, in modo rapido e riproducibile.

Riferimenti

Sparavigna, A. C. (2016).

Evaluating Urbanization from Satellite and Aerial Images by means of a statistical approach to the texture analysis. arXiv preprint arXiv:1611.03469.