

# Tecniche di machine learning per l'analisi di immagini iperspettrali nell'agricoltura di precisione

Raffaele Casa<sup>(1)</sup>, Marco Di Rocco<sup>(2,3)</sup>, Paolo Fantozzi<sup>(2,3)</sup>, Luigi Laura<sup>(2,3,4)</sup>, Umberto Nanni<sup>(5)</sup>

<sup>(1)</sup> DAFNE – Dip. di Scienze Agrarie e Forestali, Univ. “La Tuscia”; <sup>(2)</sup> CTL – Centro di Ricerca per il Trasporto e la Logistica, Univ. “La Sapienza”; <sup>(3)</sup> Trevize s.r.l.; <sup>(4)</sup> CerereTech s.r.l.; <sup>(5)</sup> DIAG – Dip. Ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale, Univ. “La Sapienza”

rcasa@unitus.it, {marco.dirocco,luigi.laura,paolo.fantozzi,umberto.nanni}@uniroma1.it

## Abstract

In questo lavoro descriviamo una tecnica di analisi di immagini iperspettrali finalizzata ad aumentare l'efficacia nella classificazione e in una stima quantitativa di piante infestanti. L'obiettivo è quello di consentire un'adozione di tecniche di agricoltura di precisione; in questo caso l'obiettivo specifico consiste nella scelta degli erbicidi più idonei alle infestanti effettivamente presenti, effettuandone inoltre un dosaggio adeguato alle effettive esigenze.

## 1 Introduzione

L'agricoltura di precisione consiste nella adozione di tecniche miranti a migliorare quantità e/o qualità dei raccolti, basandosi sulle esigenze e le specificità di ogni microarea. In particolare la VRA (“Variable Rate Application”) consiste nel dosaggio degli input – irrigazione e/o fitofarmaci – che viene differenziato grazie ad una precisa localizzazione e alle esigenze specifiche delle colture. Per poter adottare tale dosaggio, sono necessarie diverse fasi di trattamento dell'informazione che includono: acquisizione di dati (potenzialmente da varie possibili fonti), integrazione delle informazioni, elaborazione basata su vari possibili modelli, generazione degli elementi informativi che alimentino un sistema di supporto alle decisioni o una diretta attuazione delle politiche prescelte, pilotando la VRA.

Una possibile tecnologia di acquisizione dati consiste nell'utilizzo di imaging iperspettrale. Una immagine iperspettrale utilizza 200-300 “colori” (o bande, ossia intervalli di lunghezze d'onda di pochi nanometri), su un campo di frequenze che si può estendere dal visibile all'infrarosso. Le immagini iperspettrali hanno evidentemente un maggiore contenuto informativo sia rispetto ad immagini tradizionali nel visibile o nell'infrarosso, sia rispetto alle immagini cosiddette multispettrali, che arrivano ad utilizzare una decina di bande. L'utilizzo di immagini iperspettrali consente di sviluppare tecniche di riconoscimento delle sostanze, ma con grande dispendio di risorse computazionali, data la taglia rilevante delle immagini stesse.

In questo lavoro descriviamo una strategia che, all'interno di una coltivazione di mais, mira a classificare e a quantificare le piante infestanti a partire da immagini iperspettrali.

La classificazione delle diverse tipologie di piante infestanti presenti in un terreno coltivato è un compito necessario per il trattamento delle infestanti, in quanto la scelta degli erbicidi dipende dai tipi di infestanti presenti, ed il loro dosaggio dipende dalla quantità di infestanti. L'obiettivo è quello di minimizzare l'uso di erbicidi massimizzando la loro efficacia.

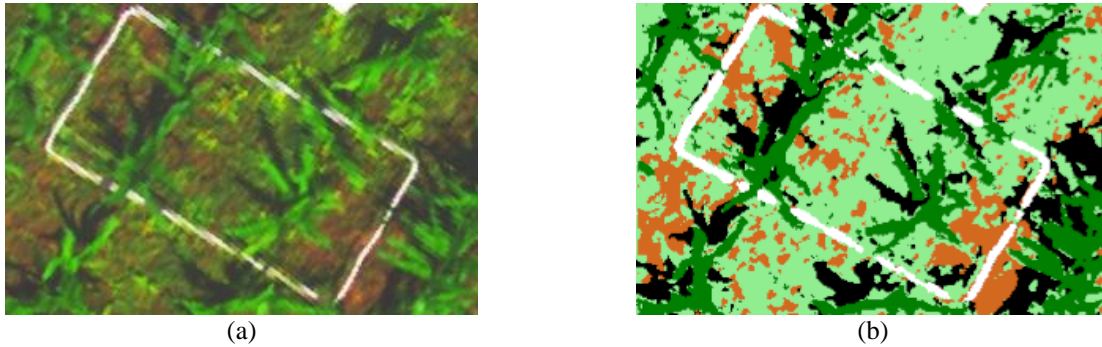
Per questo compito, i dati iperspettrali dovrebbero avere un vantaggio rispetto ai dati multispettrali. I primi sono in grado di cogliere proprietà praticamente invisibili nei dati multispettrali a risoluzione spettrale grossolana, ma potenzialmente molto utili per la discriminazione di diverse specie vegetali. L'obiettivo del presente lavoro è quello di valutare la capacità di discriminazione tra le diverse specie di infestanti in una piantagione di mais utilizzando l'imaging iperspettrale acquisito da UAV e utilizzando, in due differenti fasi, tecniche di Machine Learning supervisionato e non.

## 2 Metodi e tecniche: sviluppo dell'analisi

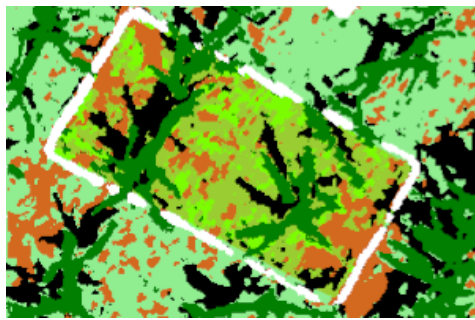
Il presente lavoro è stato eseguito utilizzando immagini iperspettrali acquisite da un UAV (un drone) equipaggiato con una camera iperspettrale su un campo di mais situato a Vetralla (Italia centrale). Il campo presentava uno stato di crescita del mais al 6° livello di crescita fogliare e conteneva un livello naturale di piante infestanti.

Il drone è stato fatto volare ad un'altezza di 30 metri ed ha registrato ipercubi di 270 bande spettrali nell'intervallo del visibile e del vicino infrarosso (VNIR) (400-1000 nm) con intervallo spettrale ~ 2,2 nm e risoluzione spettrale di 5 nm.

Gli esperimenti sono stati eseguiti su una porzione delimitata di terreno in cui figuravano piante di mais, piante infestanti, terreno ombra e plastica (materiale usato per delimitare le aree di interesse). Successivamente si è provveduto, con apparecchiatura idonea, ad una accurata classificazione e quantificazione delle piante all'interno della zona selezionata misurando l'indice di area fogliare (LAI) di ciascuna specie vegetale. In tal modo sono stati ottenuti dati di riscontro.



**Figura 1.** Esempio di classificazione di un'immagine iperspettrale utilizzando una rete neurale di convoluzione: (a) immagine di una delle aree di interesse, visualizzata in colori naturali (RGB); (b) risultato dell'analisi con una rete neurale di convoluzione, sul quale il verde scuro rappresenta il mais (26.5%), il verde chiaro rappresenta le piante infestanti (44.0%), il marrone indica il suolo (21.2%) in nero indica l'ombra (5.5%) mentre il bianco rappresenta il contorno di plastica utilizzato per delimitare l'area in esame (2.8%).

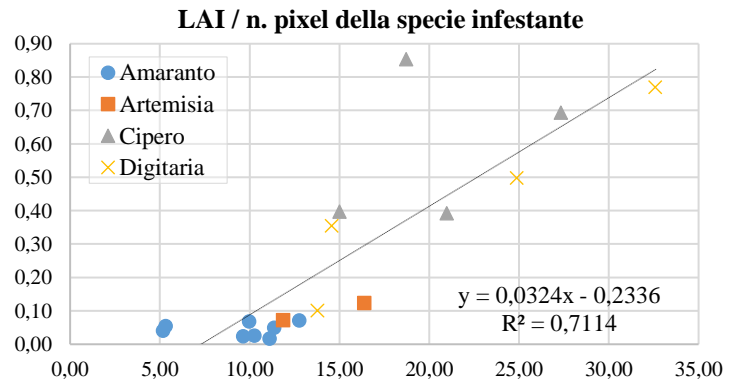


**Figura 2.** Esempio di classificazione delle diverse piante infestanti: il verde chiaro rappresenta l'Amaranto (11.4%) mentre il verde oliva rappresenta la Digitaria (32.6%).

L'analisi per il riconoscimento e la quantificazione di mais e piante infestanti presenti sul suolo agricolo è stata svolta in 2 fasi. Durante la **prima fase** si sono utilizzate tecniche di Machine Learning Supervisionato, le Convolutional Neural Networks [Hu et al. 2015], utilizzando tutte e 276 le bande disponibili, per discriminare le diverse tipologie di elementi presenti sul campo quali, mais, ombra, terreno plastica e piante infestanti. Il training set è stato ricavato su base visuale dei pixel presenti in varie porzioni di un'immagine ed è stata fatta addestrare da una rete neurale di convoluzione a 5 strati. Nella **seconda fase** è stato utilizzato l'algoritmo non supervisionato k-means [Ratle et al. 2010] sui pixel che sono stati rilevati come infestanti, distinguendo il numero di infestanti presenti in base alle tipologie di piante infestanti trovate durante le analisi di laboratorio, ottenendo una sotto classificazione delle diverse specie di piante infestanti trovate.

### 3. Risultati e Conclusioni

I risultati della prima fase mostrano una classificazione dei diversi elementi presenti dell'area analizzata. Nella Figura 1 viene mostrato un esempio di classificazione di un'immagine iperspettrale utilizzando una rete neurale di convoluzione.



**Figura 3.** Grafico a dispersione che correla indice di area fogliare (LAI) delle varie infestanti (in ordinata) e valore normalizzato del numero di pixel classificati mediante k-means (in ascissa).

Nella seconda fase (Figura 2) sono state discriminate le diverse piante infestanti presenti nell'area delimitata mediante algoritmo k-means. Successivamente si è proceduto ad un'analisi di correlazione tra l'indice di area fogliare (LAI) misurato oggettivamente e il numero di pixel risultanti dalla classificazione ottenuta.

I risultati, schematizzati in Figura 3, mostrano una accettabile correlazione tra questi valori, nonostante un evidente outlier. Questi risultati, ancora preliminari, suggeriscono la possibilità, grazie ad un uso combinato di tecniche di machine learning di poter sfruttare immagini iperspettrali riprese da drone per effettuare interventi mirati di scelta e dosaggio di fitofarmaci riducendo la spesa per tali sostanze, ottimizzando la loro efficacia sulle piante infestanti, con una riduzione dell'impatto sulle colture e sull'ambiente.

### Riferimenti bibliografici

- [Hu et al. 2015] W. Hu et al. Deep Convolutional Neural Networks for Hyperspectral Image Classification, *J. of Sensors*, vol. 2015, Article ID 258619, 2015.
- [Ratle et al. 2010] F. Ratle, et. al. Semisupervised Neural Networks for Efficient Hyperspectral Image Classification, *IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing*, 48:5, pp. 2271-2282, May 2010.