

Metodologie e Sistemi di Percezione Avanzata per Veicoli Agricoli Intelligenti

Annalisa Milella¹, Roberto Marani¹, Antonio Petitti¹, Grazia Cicirelli¹, Tiziana D’Orazio¹,
Giulio Reina²

¹Istituto di Sistemi e Tecnologie Industriali Intelligenti per il Manifatturiero Avanzato,
Consiglio Nazionale delle Ricerche

²Dipartimento di Ingegneria dell’Innovazione, Università del Salento

E-mail: annalisa.milella@stiima.cnr.it

Abstract

In questo articolo, si descrivono le attività di ricerca, svolte nell’ambito di progetti internazionali, relative allo sviluppo di sistemi e metodi di percezione avanzata per veicoli agricoli intelligenti. In particolare, l’articolo presenta metodologie per la caratterizzazione di terreni e metodologie di fenotipizzazione in campo, basate sull’utilizzo combinato di diversi sensori, quali sensori di visione, RGB-D, termici, iperspettrali, e sensori propriocettivi, montati a bordo di piattaforme robotizzate mobili. L’obiettivo è di generare rappresentazioni multi-sensoriali dell’ambiente, fruibili sia da operatori umani che da veicoli agricoli intelligenti, a supporto di compiti di Precision Farming (PF).

1 Introduzione

Lo sviluppo di veicoli agricoli intelligenti, in grado di operare sul campo con limitata supervisione umana, rappresenta una delle maggiori sfide attuali della ricerca nel settore dell’automazione della filiera agricola. L’uso di veicoli autonomi o semi-autonomi dotati di capacità di comunicazione e di sincronizzazione delle operazioni può contribuire in maniera significativa a migliorare l’intero flusso produttivo, riducendo i tempi di lavoro e rendendo più efficienti processi quali aratura, semina, raccolta e monitoraggio della crescita e dello stato della coltivazione [Auat Chein e Carelli, 2013].

Un obiettivo specifico è quello di incrementare il livello di automazione della guida dei veicoli, come riconosciuto dalla Horizon 2020 *Multi-Annual Roadmap for Robotics in Europe*¹. Benché sistemi di guida autonoma basati su GPS siano in uso da diversi anni, tali sistemi non forniscono informazioni sulla “dinamica” dell’ambiente. La sfida è quella di sviluppare veicoli intelligenti, in grado di operare in ambienti popolati e che si modificano nel tempo. Per raggiungere tale obiettivo, sono necessari ulteriori ricerche finaliz-

zate allo sviluppo di sistemi e metodi di percezione avanzata che permettano al veicolo di raggiungere adeguati livelli di comprensione e conoscenza dell’ambiente circostante. Tale conoscenza è anche importante al fine di garantire elevati livelli di sicurezza del veicolo stesso, nonché di persone, animali e cose che si trovano all’interno dell’ambiente operativo [Reina *et al.*, 2016].

In tale scenario, si collocano due progetti di ricerca internazionali, QUAD-AV² ed S3-CAV³, di cui si descrivono nel seguito alcune delle principali attività di ricerca, aventi come obiettivo lo studio e lo sviluppo di sistemi di percezione multi-sensoriali per la caratterizzazione di terreni e colture mediante piattaforme robotizzate mobili.

2 Caratterizzazione e mapping di terreni

La conoscenza del tipo di terreno attraversato costituisce un aspetto chiave per l’effettiva autonomia di un veicolo agricolo. Su terreni naturali le interazioni ruota-suolo rivestono un ruolo critico per la mobilità del veicolo che può essere



Figura 1. Veicolo robotico con sistema multi-sensoriale

radicalmente diversa su suolo arato piuttosto che su suolo compatto. La stima del tipo di terreno attraversato può contribuire ad aumentare la sicurezza dei veicoli agricoli in

¹ https://www.eu-robotics.net/cms/upload/topic_groups/H2020_Robotics_Multi-Annual_Roadmap_ICT-2017B.pdf

² FP7 ERA-NET ICT-AGRI Ambient Awareness for Autonomous Agricultural Vehicles (Id. 34836) (QUAD-AV)

³ FP7 ERA-NET ICT-AGRI-2 Simultaneous Safety and Surveying for Collaborative Agricultural Vehicles (Id. 29839) (S3-CAV)

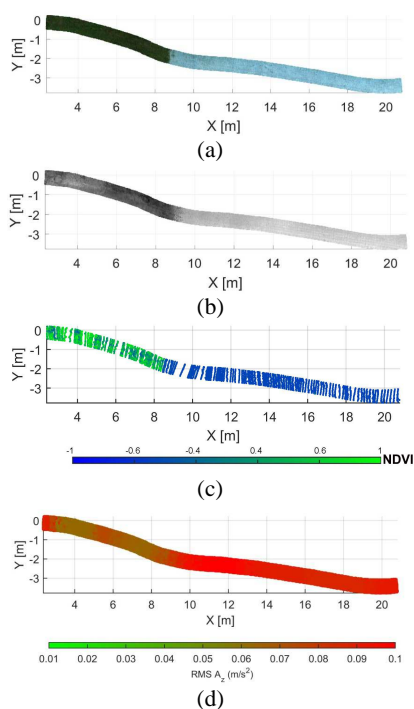


Figura 2 Mappa multi-layer per un test su erba e strada pavimentata. (a) Layer visuale, (b) layer termico, (c) layer VIS-NIR, (d) vibration layer.

prossimità di pendii, canali, o terreni altamente deformabili. La caratterizzazione dei terreni può inoltre fornire informazioni riguardo la predizione del rischio di compattamento del suolo. Questo aspetto costituisce un fattore di grande rilevanza nell'agricoltura di precisione.

Nell'ambito della ricerca condotta, il problema del *terrain assessment* è stato affrontato utilizzando un approccio multi-sensoriale, in cui, dati provenienti da diverse tipologie di sensori, sia di tipo propriocettivo che estero-cettivo, vengono integrati per la creazione di mappe e la caratterizzazione dei terreni. La validazione dei metodi è stata condotta utilizzando dati acquisiti sul campo da un robot mobile equipaggiato con diversi sistemi sensoriali, come mostrato in Figura 1.

In particolare, è stato sviluppato un metodo basato su tecniche di apprendimento supervisionato per riconoscere diverse tipologie di terreno [Reina *et al.*, 2017]. L'algoritmo proposto consente di identificare il terreno attraversato tra un numero predefinito di classi, etichettate sulla base di caratteristiche propriocettive (slittamento, vibrazioni, coefficiente di resistenza al moto) ed estero-cettive (*features* geometriche e di colore estratte da immagini stereo). Il lavoro svolto ha dimostrato che le informazioni propriocettive ed estero-cettive hanno proprietà complementari e la loro combinazione migliora l'accuratezza della classificazione.

Un'altra parte della ricerca ha riguardato lo sviluppo di metodi di mapping multi-sensoriale del terreno [Milella *et al.*, 2018]. L'obiettivo è generare mappe *multi-layer* del tipo mostrato in Figura 2. Al layer stereo, si aggiungono informazioni termiche, informazioni VIS-NIR, e informazioni relative alle interazioni ruota-suolo in termini di accelerazioni verticali.

3 Fenotipizzazione in campo di vigneti

L'attività di ricerca relativa alla caratterizzazione in campo di vigneti ha riguardato lo sviluppo di tecniche di ricostruzione 3D e caratterizzazione geometrica delle piante, nonché tecniche di classificazione per il riconoscimento dei grappoli, mediante l'uso di un sensore RGB-D, montato a bordo di un veicolo agricolo. In particolare, per il riconoscimento dei grappoli, è stato sviluppato un metodo di *deep learning* basato sull'uso di reti pre-addestrate con cinque classi: sfondo, foglie, legno, palo, grappolo. La Figura 3 evidenzia il risultato della segmentazione di un'immagine di test nelle classi di riferimento.



Figura 3 Identificazione di grappoli d'uva. Da sinistra a destra: immagine originale; *ground-truth*; risultato del classificatore. I colori nero, verde, blu, rosso e bianco rappresentano, rispettivamente, le classi sfondo, foglie, legno, palo e grappolo.

4 Conclusioni

In questo articolo sono stati illustrati alcuni dei principali risultati della ricerca svolta per lo sviluppo di veicoli agricoli intelligenti in progetti di ricerca internazionali. Le attività hanno riguardato in particolare lo sviluppo di metodi di percezione avanzata basati su integrazione di dati multi-sensoriali e tecniche di classificazione, per la caratterizzazione di terreni e colture mediante veicoli robotizzati.

Riferimenti bibliografici

- [Auat Cheein e Carelli, 2013] Auat Cheein, F. A., Carelli, F., Agricultural robotics: unmanned robotic service units in agricultural tasks. *Industrial Electronics Magazine, IEEE*, 7(3), 48-58, 2013.
- [Milella *et al.*, 2019] Milella A., Marani R., Petitti A., Reina G., In-field high throughput grapevine phenotyping with a consumer-grade depth camera, *Computers and Electronics in Agriculture*, 156, 293-306, 2019.
- [Milella *et al.*, 2018] Milella A., Reina G., Nielsen M., A multi-sensor robotic platform for ground mapping and estimation beyond the visible spectrum, *Precision Agriculture* <https://doi.org/10.1007/s11119-018-9605-2>, 2018.
- [Reina *et al.*, 2017] Reina G., Milella A., Galati R., Terrain assessment for precision agriculture using vehicle dynamic modelling, *Biosystems Engineering*, Volume 162, October 2017, Pages 124-139, 2017.
- [Reina *et al.*, 2016] Reina G., Milella A., Rouveure R., Nielsen M., Worst R., and Blas M.R., Ambient awareness for agricultural robotic vehicles, *Biosystems Engineering*, Volume 146, Pages 114-132, ISSN: 1537-5110, 2016.