

Dottorato

Sustainable Agricultural and Forestry Systems and Food Security- XXXV Ciclo

Titolo

Flotte integrate di velivoli aerei e veicoli terrestri (UAV/UGV)

a guida autonoma in agricoltura: utilizzo per acquisizione dati ed operazioni in campo

Proponente tutor

Prof. Fabrizio Sarghini

Obiettivi del progetto di ricerca nel triennio e collaborazioni interdisciplinari

(max 2000 caratteri spazi inclusi)

Nelle attuali applicazioni, l'agricoltura di precisione mira a ottimizzare gli investimenti e le rese tenendo conto della variabilità ambientale e delle condizioni tra diversi appezzamenti. Ha influenzato ogni aspetto dell'agricoltura come la lavorazione del terreno, la semina, la concimazione, l'irrigazione e l'irrorazione di pesticidi. L'ottimizzazione della gestione delle colture è l'obiettivo principale dell'agricoltura di precisione e potrebbe essere raggiunto da un triplice punto di vista:

- Agronomico: miglioramento dell'efficienza degli input / rese come la scelta delle varietà più adatte al contesto agricolo;
- Ambiente: riduzione dei rischi per la salute umana e l'ambiente, riducendo al minimo l'uso e il rilascio di nitrati, fosfati e pesticidi;
- Economico: riduzione del consumo di energia e degli input chimici aumentando i rendimenti.

Al fine di raggiungere tutti questi obiettivi in un ambito di agricoltura di precisione, è necessario considerare come raccogliere dati sul campo attraverso reti di sensori, e come automatizzare possibilmente le operazioni in campo.

Tutti i dati possono essere raccolti per esempio utilizzando una rete di sensori appropriata e i dati in tempo reale provenienti da questa rete possono essere utilizzati per prendere decisioni. La tecnologia Wireless Sensor Network (WSN) ha il vantaggio di essere sia non intrusiva (i fili non sono presenti ed è richiesto un ridotto intervento umano) che relativamente economica.

Negli ultimi anni, gli Unmanned Aerial Vehicles (UAV, noti anche come "droni") sono stati utilizzati in agricoltura nell'ambito di attività di fotogrammetria e telerilevamento, e recentemente per operazioni in campo quali la distribuzione di concimi ed in alcuni paesi ove questo è possibile, anche di fitofarmaci. Inoltre, i veicoli terrestri senza equipaggio (UGV) stanno iniziando a far parte della ricerca agricola e le applicazioni che li rendono particolarmente utili per una vasta gamma di applicazioni. La proposta di questo dottorato di ricerca consiste nello studio di come UAV, UGV e WSN potrebbero lavorare insieme per raccogliere meglio i dati sul campo, utili per analisi di gestione basati sul campionamento e sulla mappatura del suolo, gestione dell'irrigazione, irrorazione di precisione, diserbo meccanico, semina e raccolta.

Il progetto coinvolgerà esperti in sistemi embedded, esperti di ingegneria meccanica, esperti di agricoltura biologica, esperti di intelligenza artificiale e di deep learning, esperti di applicazioni di sensori in agricoltura.

Un'azienda italiana nel settore aerospaziale (DESA Srl) collaborerà al design di nuovi UAV per l'uso agricolo.

Elementi di innovazione e/o originalità del progetto rispetto allo stato dell'arte

(max 2000 caratteri spazi inclusi)

Gli usi più comuni in letteratura di UGV in agricoltura possono essere classificati nel campionamento / mappatura del suolo, irrorazione di precisione, diserbo meccanico e nelle applicazioni di semina e raccolta.

L'analisi dei campioni di terreno può rivelare la composizione dei nutrienti e indicare agli agricoltori quali fertilizzanti fornire, per ridurre i costi associati e migliorare la salute generale del raccolto. L'analisi dei campioni comporta la determinazione dei livelli di zolfo, zinco e altri nutrienti chiave, nonché la caratterizzazione dei composti organici volatili e dei livelli di pH nel suolo. I prodotti sul mercato possono raccogliere campioni coerenti a distanze uniformi, utilizzando i dati GPS per contrassegnare la posizione del campione in modo che i dati possano essere archiviati per il confronto con campioni futuri nella stessa posizione, dando all'agricoltore la possibilità di valutare l'efficacia delle applicazioni dei fertilizzanti. Alcuni degli UGV hanno quattro, sei o più controlli indipendenti, con ruote con sospensione passiva o attiva per mantenere il contatto della ruota con il terreno in ambienti irregolari: nell'ambito del presente progetto saranno sviluppati sistemi rover a guida autonoma di tipo ibrido, con motore a combustione interna per la generazione di energia elettrica necessaria al funzionamento di motori elettrici ad alta coppia.

L'uso di UGV per la spruzzatura di precisione di pesticidi, erbicidi e fertilizzanti può inoltre migliorare la resa delle colture applicando questi prodotti solo quando e dove necessario. Allo stesso tempo l'uso di velivoli a guida autonoma minimizza i tempi di acquisizione dei dati e permettono una possibile distribuzione di precisione di concimi fogliari e prodotti fitosanitari. Gli effetti di tale irrorazione di precisione includono la riduzione dei costi e il miglioramento della sicurezza degli alimenti, e l'incremento della sicurezza degli operatori che vengono così esposti in maniera limitata al rischio chimico e meccanico.

La ricerca proposta può essere suddivisa in aspetti teorici e pratici:

- aspetti teorici: studio e selezione dei protocolli di comunicazione; algoritmi di trasferimento dati; analisi del tempo di latenza dell'acquisizione dei dati; sviluppo di sensori hardware; algoritmi di analisi di Big Data; algoritmi di computer vision e analisi delle immagini;
- aspetti pratici: progettazione, selezione e studio di veicoli aerei e terrestri senza equipaggio; progettazione di una rete di sensori wireless; integrazione di UGV, UAV e WSN; applicazione, controllo e operazioni sul campo; raccolta dati sul campo; analisi dei dati.

I primi test sul campo possono essere effettuati su colture con diverse caratteristiche e requisiti quali insalate, frutteti o vigneti. In questo modo, i test e le prove preliminari potrebbero essere eseguiti lungo geometrie e distribuzioni di file di piante ben definite, al fine di comprendere meglio il comportamento dell'interazione UGV-UAVs-WSN su una geometria del suolo e della pianta definita e facilmente riconoscibile. Inoltre, potrebbe essere possibile raccogliere dati da reti wireless con sensori a terra o fissi usando veicoli terrestri con personale durante operazioni normali sul campo come l'aratura, la fresatura, la semina, la raccolta.

I risultati attesi porteranno ad un migliore sistema di comunicazione e integrazione tra UGV e UAV sia singoli che in flotta, come parte di un sistema WSN ed allo sviluppo di un sistema completamente funzionale e integrato che consente all'agricoltore di prendere decisioni migliori in tempo reale sul campo.

Disponibilità fondi (finanziamenti a sostegno delle attività di ricerca previste)

Progetti relativi all'uso di velivoli autonomi

- **PRIN 2017 (143k)** (Già approvato e finanziato, in attesa di CUP da parte dell'amministrazione)
- **PSR CAMPANIA DROVIT(200k)** (progetto in conclusione della fase 1 ed in attesa della fase 2, bando di settembre)
- **PSR LAZIO POLLIDRONE (100k)** (Progetto approvato con graduatoria in attesa di pubblicazione)
- **Progetto RICE MISE H2020** (presso CIRAM, in conclusione nel 2020)

Collaborazioni con istituzioni straniere

(max 500 caratteri spazi inclusi)

Il Tutor ha già una collaborazione attiva sulla caratterizzazione dello spray per la distribuzione di pesticidi da parte di droni con l'Università di Novi Sad, in Serbia, il prof. Alexander Sedlar, esperto nella distribuzione di pesticidi. Abbiamo anche un accordo preliminare con il Prof. Basso, Michigan State University, USA, per uno stage di sei mesi per il dottorato di ricerca per studi sull'uso dei dati iperspettrali in agricoltura, parte del progetto proposto per quanto concerne la parte di sensoristica.

Un'azienda italiana nel settore aerospaziale (DESA Srl) collaborerà al design di nuovi UAV per l'uso agricolo.

Title

Unmanned Ground and Aerial Vehicles (UGVs/UAVs) Fleet Integration in Agriculture: applications for data acquisition and field operations.

Proposing tutor

Prof. Fabrizio Sarghini

Objectives of the research project and interdisciplinary collaborations (max 2000 characters)

In current times, precision agriculture aims to optimize investments and yields taking into account environmental and conditions variability between different plots . It has influenced every aspect of agriculture such as tillage, seeding, fertilization, irrigation and pesticide spraying. The crop management optimization is the main goal of precision agriculture and it could be achieved from a triple point of view:

- Agronomic: improvement of inputs/yields efficiency such as the choice of varieties more adapted to agricultural context;
- Environmental: reducing the risks to human health and environment minimizing the use and release of nitrates, phosphates and pesticides;
- Economic: reducing energy consumption and chemical inputs while increasing yields.

In order to achieve all these precision agriculture goals, development of sensors and how to gather field data must be taken into account.

All the data can be gathered using an appropriate sensor network and real-time data from this network can be used to make decisions. Wireless Sensor Network (WSN) technology has the advantage to be both non-intrusive (wires are not present and there is little human intervention) and relatively cheap .

In recent years, Unmanned Aerial Vehicles (UAVs, also known as “drones”) have been used in agriculture as part of photogrammetric and remote sensing tasks. Also, Unmanned Ground Vehicles (UGVs) are starting to be part of agricultural research and applications making them particularly useful for a broad range of applications . The proposal of this Ph.D. research is to study how UAVs, UGVs and WSN could work together to better gather field data, useful to field management decisions such as soil sampling and mapping, irrigation management, precision spraying, mechanical weeding, or seeding/harvesting.

The project will involve experts in embedded systems, mechanical engineering experts, organic farming experts, AI and deep learning experts, sensors applications in agriculture experts.

An Italian company in the aerospace business (DESA Srl) will collaborate in new UAV design.

Innovation and originality of the project in relation to the state of the art (max 2000 characters)

The most common uses found in literature of UGVs in agriculture can be categorized as soil sampling/mapping, precision spraying, mechanical weeding, and seeding/harvesting applications .

Analysing soil samples can reveal the nutrient composition and indicate to farmers what fertilizers to provide to reduce associated costs and improve overall crop health. Analysis of the samples involves determining the levels of sulphur, zinc, and other key nutrients as well as the characterization of volatile organic compounds and pH

levels in the soil. Products on the market can collect consistent samples at uniform distances, using GPS data to mark the sample location so the data can be stored for comparison with future samples in the same location, giving the farmer the ability to assess the effectiveness of fertilizer applications. Some of UGVs have four, six or more independently controlled

wheels with passive or active suspension for maintaining wheel contact with the ground in irregular environments.

The use of UGVs for precision spraying of pesticides, herbicides and fertilizers can improve crop yield while only applying these products when and where needed. Effects of precision spraying include reducing costs, improving safety of food.

The research proposed can be divided into theoretical and practical aspects to be studied:

- Theoretical aspects: study and selection of communication protocols; data transfer algorithms; data acquisition latency time analysis; development of hardware sensors; Big Data analysis algorithms; computer vision and image analysis algorithms.
- Practical aspects: design, selection and study of Unmanned Aerial and Ground Vehicles; design of wireless sensor network; integration of UGVs, UAVs and WSNs; on-field application, control and operations; field data collection; data analysis.

First on-field tests can be carried out on good defined inter-row plantations, such as lettuce, orchards or vineyards. This way, preliminary tests and trials could be done along defined plant rows geometry and distributions in order to better understand the behavior of UGVs-UAVs-WSNs interaction over a defined and easily recognizable soil and plant geometry. Also, it could be possible to collect data using manned ground vehicles during normal and planned on-field operations such as plowing, milling, seeding, harvesting.

The expected results are a better communication and integration system between UGVs and UAVs as part of WSN and a fully functional and integrated system that allows the farmer to make better field management decisions.

Grant availability (funds to support the research activities)

- PRIN 2017 (143k) (In attesa di CUP da parte dell'amministrazione)
- PSR CAMPANIA DROVIT(200k) (progetto in conclusione della fase 1 ed in attesa della fase 2, bando di settembre)
- PSR LAZIO POLLIDRONE (100k) (Progetto approvato con graduatoria in attesa di pubblicazione)

Collaborations with foreign institutions (max 500 characters)

The Tutor has an already active collaboration on the spray characterization for pesticide distribution by drones with University of Novi Sad, Serbia, prof Alexander Sedlar, an expert in pesticide distribution.

We also have a preliminary agreement with Prof. Basso, Michigan State University, USA, for a six month internship of the PhD candidate for studies on hyperspectral data imaging in agriculture, a part of the proposed project.