



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

## FLORE

# Repository istituzionale dell'Università degli Studi di Firenze

### **I robot per l'agricoltura di precisione.**

Questa è la Versione finale referata (Post print/Accepted manuscript) della seguente pubblicazione:

*Original Citation:*

I robot per l'agricoltura di precisione / M. Vieri. - In: INTERSEZIONI. - ISSN 2280-689X. - ELETTRONICO. - 37:(2013), pp. 1-5.

*Availability:*

The webpage <https://hdl.handle.net/2158/830510> of the repository was last updated on

*Terms of use:*

Open Access

La pubblicazione è resa disponibile sotto le norme e i termini della licenza di deposito, secondo quanto stabilito dalla Policy per l'accesso aperto dell'Università degli Studi di Firenze (<https://www.sba.unifi.it/upload/policy-oa-2016-1.pdf>)

*Publisher copyright claim:*

La data sopra indicata si riferisce all'ultimo aggiornamento della scheda del Repository FloRe - The above-mentioned date refers to the last update of the record in the Institutional Repository FloRe

(Article begins on next page)

**Innovazione**

## I robot per l'agricoltura di precisione

Marco Vieri

L'agricoltura di precisione (*precision farming*) nasce negli Stati Uniti nell'ultima decade del secolo scorso, allo scopo di correlare le potenzialità produttive con le effettive necessità sito-specifiche delle colture. L'approccio è mirato a ridurre l'impiego di risorse costose come concimi, fertilizzanti, antiparassitari, combustibili con conseguenti vantaggi di riduzione dei costi di produzione. Gli effetti delle esternalità negative dovute alle emissioni di gas e sostanze dannose nell'ambiente hanno recentemente dato all'agricoltura di precisione un ruolo determinante per portare le produzioni nell'obiettivo, imprescindibile, della sostenibilità. Il precedente Sesto programma quadro dell'Unione europea ha incentivato lo sviluppo di questi indirizzi nelle azioni riguardanti il rapporto tra produzioni agricole e ambiente e dalla Rete di eccellenza Euron, gruppo speciale di interesse sui robot cooperanti, fondato dalla Commissione europea. Il Settimo programma quadro ha finanziato questi obiettivi.

Il progetto Rhea si inserisce negli obiettivi del Settimo programma quadro dell'Unione europea e più precisamente nella Call Pf7-Nmp-2009-Large-3, tema 4 "Nanoscienze, nanotecnologie e nuovi materiali di produzione (Nmp)", area Nmp-2009-3.4.1 "Automazione e

Una flotta di robot collaborativi per il controllo delle infestanti e la difesa fitosanitaria tra gli obiettivi del progetto Rhea.

*robotica per la gestione sostenibile delle coltivazioni e delle foreste".*

È un progetto a carattere "collaborativo e a larga scala di integrazione" che presenta, infatti, un partenariato di 15 membri e di 17 gruppi di ricerca esperti in ingegneria agraria, automazione e robotica, telecomunicazioni, analisi di immagine, modellistica matematica e informatica, produzione sistemi software di interfaccia utente, costruzione di macchine agricole, costruzione di veicoli e droni autonomi e di sistemi avanzati di produ-



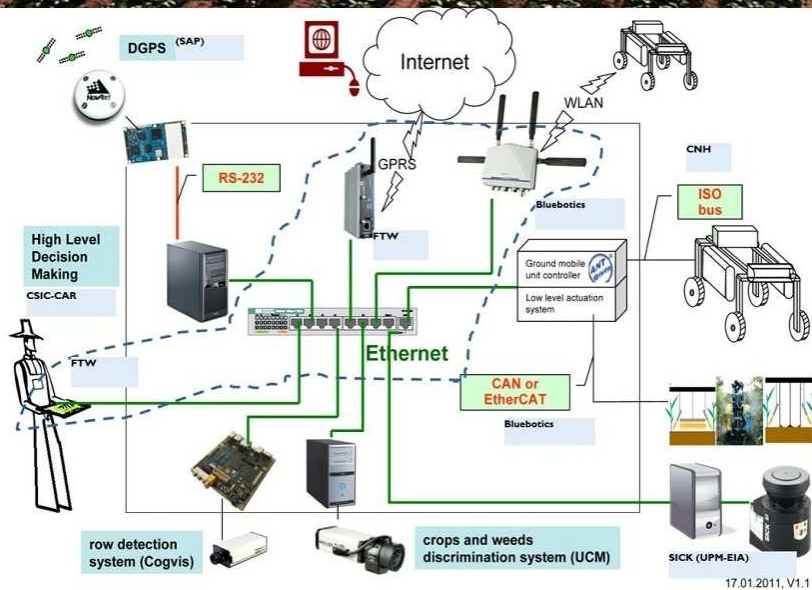
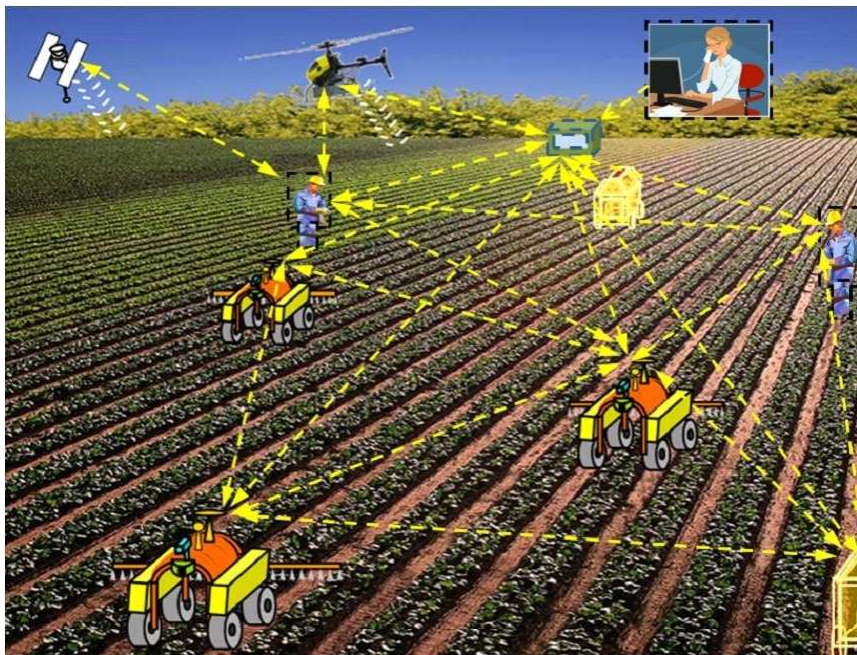
zione di energia (celle a combustibili, *fuel cell*).

Il progetto Rhea è stato sviluppato con l'obiettivo di progettare, sviluppare e collaudare una nuova generazione di sistemi robotizzati per il controllo chimico e fisico-meccanico delle infestanti. In dettaglio gli obiettivi sono i seguenti:

- rilievo di almeno il 90% delle infestanti presenti nell'appezzamento;
- riduzione del 75%

dell'uso di sostanze diserbanti e antiparassitarie, in accordo con quanto indicato nella Direttiva 2009/128/Ce;

- distruzione del 90% delle infestanti presenti;
- capacità di operare a 5-6 km/h su pendenze fino al 15% e irregolarità su maglie di 20 cm;



- capacità di operare a 5-6 km/h con una precisione di +/- 2 cm.

Gli scenari di applicazione del progetto Rhea sono 3:

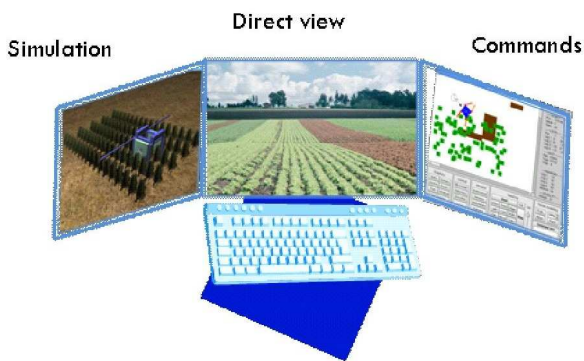
- colture industriali di pieno campo (*wide row crops*): mais, girasole, barbabietola da zucchero, patate;
- seminativi (*close row crops*): frumento, orzo;
- colture legnose perenni (*woody perennials*): olivo, nocciolo, mandorlo.

Per pianificare il lavoro della flotta terrestre è infatti necessario definire le “mappe di trattamento” attraverso ispezioni condotte dalle unità aeree, integrate da conoscenze pregresse, acquisite, per esempio, attraverso basi di dati come il Gis. In questo modo i diversi robot terre-

stri sono in grado di realizzare un trattamento mirato ed efficiente seguendo percorsi diversificati e ottimizzati.

Durante la “missione” è comunque possibile “comunicare” con la “flotta” verificandone le *performances* e inviando all’occorrenza anche ordini supplementari. Il progetto prevede che i sistemi di gestione, di percezione, di comunicazione e di attuazione, nonché la realizzazione delle unità mobili siano ultimati entro il terzo anno di attività. Sono, poi, previste attività finali di integrazione tra i sistemi, di prova delle macchine e di dimostrazione. Un complesso calendario di attività è costantemente monitorato e ottimizzato attraverso incontri quadrimestrali localizzati nelle sedi dei 15 partner di progetto. Le unità aeree sono “esacotteri” (droni volanti con sei eliche) realizzati dalla ditta tedesca AirRobot GmbH & Co., partner del progetto. La macchina ha forma circolare, può portare un carico (*payload*) di oltre 2 kg ed è dotata di Gps e di fotocamere che consentono di acquisire dati fondamentali per pianificare la “mission” delle unità terrestri, quali la localizzazione delle “*patches*”, ossia le aree in cui le malerbe sono più

concentrate. Il progetto Rhea prevede la realizzazione di tre diversi robot terrestri, in grado di operare in tre scenari (diserbo chimico del frumento, diserbo non chimico del mais e distribuzione di prodotti fitosanitari su olivo) tutti equipaggiati con una motrice autonoma derivante dalla trasformazione del trattore a 4RM Boomer T3050, prodotto da Cnh, partner effettivo del progetto. I robot terrestri saranno equipaggiati con un Gps e fotocamere che saranno utilizzate per valutare il grado di copertura delle infestanti, discriminandole dalla coltura e suddividendole in graminacee e dicotiledoni, in modo da attivare in misura congrua gli attuatori, effettuando interventi mirati ed efficienti.



Il trattamento su frumento sarà realizzato con un'irroratrice meccanica equipaggiata con 12 ugelli a ventaglio. La macchina dovrà lavorare su mappe generate in base alle informazioni ottenute dai droni. I dati saranno elaborati e integrati con quelli acquisiti in tempo reale dall'unità di terra, che "deciderà" se, dove e come trattare con un controllo autonomo e separato di ogni ugello.

Il controllo fisico delle infestanti su mais sarà attuato con una macchina modulare in grado di operare sia trattamenti meccanici e termici sia trattamenti di pirodiserbo a tutta superficie (*broadcast flaming*).

L'attrezzatura è composta da 6 moduli completi, ognuno dei quali costituito da elementi sarchianti rigidi o da bruciatori centrali, che opereranno nell'interfila e da una coppia di bruciatori disposti frontalmente, che lavoreranno sulla fila. Anche in questo caso la superficie trattata e l'intensità del trattamento dipenderanno dalla elaborazione combinata delle informazioni ottenute dal quadrottero e dalla unità terrestre.

Per l'applicazione di agrofarmaci sulle colture arboree è stato previsto l'impiego di una irroratrice mista basata sul sistema "Oktopus" della Nobili Spa. L'operatrice sarà composta da moduli di irrorazione che potranno variare la loro inclinazione in base alla forma e alla dimensione della chioma, dati che potranno essere rilevati grazie a un set di sensori ultrasonici. I parametri, inoltre, saranno utilizzati per interrompere il flusso di miscela agli ugelli in assenza della chioma (spazio vuoto tra una pianta e l'altra) riducendo drasticamente le perdite operative.

### **Il controllo del sistema "flotta" dalla stazione base**

Tutti i moduli della stazione base (Bs) sono stati integrati, così come il sistema di gestione degli obiettivi

*Mission manager* (Mm) che comprende: il pianificatore e il supervisore controllore, sia per le unità aeree, sia per quelle terrestri; il sistema di mappatura delle infestanti *Weed mapping system* (Wms), composto dall'integrazione dei due moduli di mosaicizzazione delle immagini e di identificazione delle malerbe.

Questo sistema prevede un'interfaccia utente grafica che è stata installata e verificata nelle sue complesse funzionalità.

Inoltre, è stato messo a punto e controllato il complesso sistema di comunicazione fra i moduli della Bs e gli elementi esterni come le unità mobili a terra (Gmu), le unità mobili aeree (Amu) o il dispositivo portatile per l'operatore *User portable device* (Upd).

Infine, è stato installato con successo il sistema di tracciabilità e controllo della gestione obiettivo *Mission manager dispatcher* (Mmd), un modulo che controlla i flussi di informazioni e le comunicazioni nella stazione base.

La stazione operativa è pienamente funzionante e l'operatore, o gli operatori, possono generare e inviare comandi alle unità della flotta, controllare sia le diverse operazioni effettuate sia il raggiungimento degli obiettivi direttamente attraverso l'interfaccia grafica (Gui).

### **Infestanti: l'uso dei velivoli**

Lo scorso maggio il gruppo di esperti nei sensori remoti dell'istituto di agricoltura sostenibile (Csic) ha avviato una serie di prove preliminari con i velivoli senza equipaggio *Unmanned aerial vehicle* (Uav) a diverse altezze da terra (da 30 a 100 m) sopra appezzamenti di mais, dove erano presenti diverse tipologie di infestanti. L'unità Uav è stata equipaggiata con una fotocamera multispettrale che produce immagini con una risoluzione del pixel da pochi mm a 3 cm (in relazione all'altezza di volo). Dopo ogni volo le immagini sono state scaricate dalla unità di memoria ed elaborate con procedure di mosaicizzazione, georeferenziazione ortorettificata e segmentazione. La qualità e la precisione delle immagini ottenute è molto promettente.

### **Nuovi algoritmi per il riconoscimento delle infestanti**

La realizzazione di mappe di infestazione da una sequenza di immagini video è stata ottenuta utilizzando un processo in tre fasi:

- rilievo dei livelli di verde,
- identificazione delle file coltivate,

- identificazione dei pixel verdi.

I primi due passi sono relativamente semplici in termini di tempo di elaborazione ma l'identificazione delle file della coltura richiede l'88% del tempo totale necessario all'elaborazione. Per ridurre questo tempo (senza diminuire la precisione) le ricerche della *Universidad Complutense de Madrid* hanno escogitato e verificato nuovi algoritmi matematici che permettono di quantificare la percentuale di superficie coperta da infestanti nelle differenti "celle" per mezzo di immagini video. Le ricerche riguardano differenti regolazioni della videocamera (ampiezza del campo visivo, angolo di inclinazione, risoluzione delle immagini) e i parametri impiegati (bilanciamento del verde, dimensione della cella, delimitazione delle linee culturali).

**Il controllo fisico delle infestanti**

L'Università di Pisa ha progettato un erpice di precisione capace di effettuare il controllo meccanico e termico delle infestanti su coltura di mais. L'attrezzatura sarà dotata di elementi rigidi per la lavorazione superficiale del suolo (5 cm al massimo) fra le file e di una coppia di bruciatori per il controllo selettivo sulla fila; il mais è infatti tollerante allo shock termico. Per migliorare la precisione del trattamento l'erpice è dotato di ruote direzionali attive che saranno comandate dal sistema di controllo Rhea. Il trattamento termico sarà erogato solamente in presenza delle infestanti mentre il trattamento meccanico sulla fila sarà attuato a pieno campo. La quantità di gas Gpl per metro quadro (corrispondente all'intensità di calore applicato) sarà regolata sulle dimensioni delle infestanti con variabilità indipendente nelle diverse sezioni della barra di lavoro, ossia nelle diverse file.

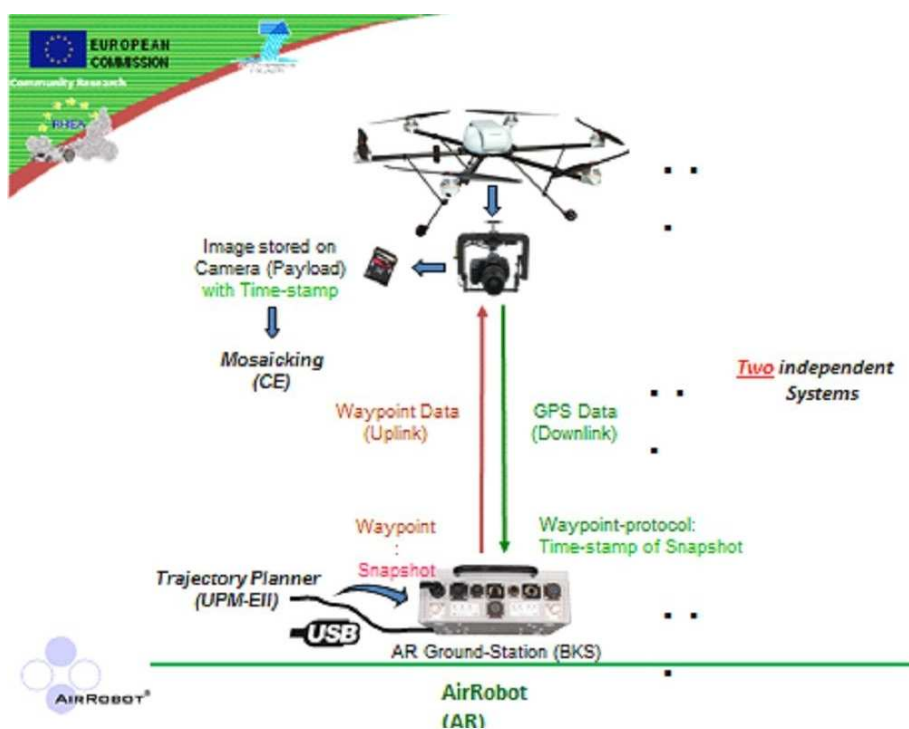
**Integrazione delle unità mobili aeree (Amu)**

Lo sviluppo recente delle unità aeree mobili (Amu) è stato rivolto in particolare al miglioramento della sicurezza dei rotori, all'affidabilità dei motori e l'efficienza del sistema integrato di gestione delle batterie (*smartsystem*). La Amu-1 è stata aggiornata a questo livello

tecnologico e la nuova Amu-2 è stata progettata e realizzata con queste innovazioni raggiungendo gli obiettivi fondamentali per l'integrazione finale.

Durante l'incontro di integrazione di maggio (Madrid, Csic-Car), il sistema di pianificazione degli obiettivi con i mezzi aerei (Amp), il percorso seguito dalla Amu e il funzionamento del duplice sistema trasportato hanno avuto successo e le immagini georeferenziate sono state acquisite per il successivo processamento nel sistema di percezione remoto. Questa è stata un'eccellente opportunità per testare, per la prima volta, l'allestimento delle videocamere sui droni, così come la precisione del programma di volo automatico.

Nonostante le sfavorevoli condizioni meteorologiche sono stati effettuati diversi voli a varie altitudini, operazione che ha permesso di raccogliere immagini nelle frequenze del visibile e degli infrarossi su colture di frumento e di mais. Il rilievo automatico delle sagome di controllo nelle immagini per la loro georeferenziazione hanno avuto esito positivo. Il gruppo di lavoro sull'identificazione delle aree con infestanti ha così potuto raccogliere e analizzare le immagini. Inoltre, sono stati analizzati altri aspetti quali i software di comunicazione dei messaggi fra il sistema di percezione e gli altri moduli.



### **Integrazione delle unità mobili a terra (Gmu)**

Durante i primi giorni dell'incontro di integrazione, i diversi partner hanno avuto l'opportunità di accoppiare i loro sottosistemi (alimentatore di potenza, celle a combustibile, pannelli solari, sistema di localizzazione, sistema di comunicazione, videocamere, laser e tutti i sistemi di controllo) alla Gmu presso il laboratorio Car. La seconda parte dell'integrazione si è svolta in campo con lo scopo di seguire percorsi predefiniti automaticamente in completa autonomia con le tre differenti attrezzature previste dal progetto. I diversi sistemi di attuazione di queste attrezzature sono state controllate con successo dal sistema di controllo centrale.

### **Identificazione delle file della coltura e delle infestanti**

In preparazione della settimana di "integrazione" è stato sviluppato un modulo software nel processore principale Compact-Rio (Crio). Il modulo è stato progettato per la cattura delle immagini, il processamento per lo scopo previsto (identificazione delle infestanti e delle file della coltura), la compressione dei dati e l'invio alla Bs. Queste quattro funzioni sono integrate nel singolo modulo.

Durante i giorni di "integrazione" il modulo è stato poi scomposto nei diversi submoduli in modo che gli altri partner coinvolti potessero lavorarvi in maniera indipendente. I quattro moduli sono: (a) modulo di acquisizione immagini, (b) modulo di processamento delle immagini, (c) modulo di compressione delle immagini, (d) modulo di trasmissione basato sul protocollo Tcp/Ip. Il modulo principale è quello di processamento, con cui le informazioni estrapolate sono direttamente trasferite al sistema centrale (Hldms), anche questo sviluppato in Crio. Tutti i moduli sono attualmente operativi su questa unità dopo il lavoro di integrazione fatto durante i giorni di sessione di Madrid.

### **Comunicazione e localizzazione**

È stata realizzata e provata l'infrastruttura di comunicazione fra i robot e la Bs: ciò che permette agli altri partecipanti di trasferire i loro dati al sistema. È stato anche installato e configurato il sistema di raccolta dati che raccoglie i parametri di comunicazione e i messaggi di comunicazione dai *router* montati sui robot e li archivia nella Stazione base. Lo scopo del sistema di rac-

colta dati è quello di permettere di avere un monitoraggio costante in tempo reale. Inoltre, il software installato sul dispositivo portatile dell'operatore ha controllato con successo, in remoto sia l'unità mobile a terra (Gmu), sia le attrezzature di lavoro.

Il monitoraggio della localizzazione è stato effettuato sul dispositivo portatile, con prove estensive sulle unità mobili a terra. Il Consorzio di progetto unisce un elevato e multidisciplinare numero di ricercatori esperti capaci di incrementare ogni specifica conoscenza scientifica in un progetto unitario e organico. Il successo del progetto Rhea potrà indurre un nuovo approccio nell'applicazione di sistemi automatici nelle colture agrarie e forestali, con importanti ricadute nel miglioramento economico e ambientale, così come nel mantenimento della sostenibilità nelle aree rurali, attraverso lo sviluppo di nuove professionalità di elevato livello tecnologico.



Marco Vieri è professore ordinario di Ingegneria dei biosistemi agrari e forestali presso il Dipartimento di Gestione delle risorse agrarie, alimentari e forestali dell'Università degli Studi di Firenze.

[www.intersezioni.eu](http://www.intersezioni.eu)

