



IL PROGETTO RHEA: UNA FLOTTA DI ROBOT AUTONOMI PER LA GESTIONE MIRATA DEL CONTROLLO CHIMICO E NON CHIMICO DELLE INFESTANTI SU SPECIE ERBACEE DI PIENO CAMPO E DEI TRATTAMENTI ALLE COLTURE ARBOREE.

*P. Gonzalez-de-Santos¹, M. Vieri², A. Ribeiro¹, M. Raffaelli³, L. Emmi¹, M. Fontanelli³,
M. Rimediotti², C. Frasconi³, D. Sarri², A. Peruzzi³.*

- (1) Centre for Automation and Robotics, Spanish National Research Council, UPM-CSIC
- (2) Dipartimento di Economia, Ingegneria, Scienze e Tecnologie Agrarie e Forestali, Università degli Studi di Firenze
- (3) Sezione Meccanica Agraria e Meccanizzazione Agricola, Dipartimento di Agronomia e Gestione dell'Agroecosistema, Università di Pisa

SOMMARIO

Le moderne tecnologie associate all'agricoltura di precisione trovano sempre più applicazione nel settore della difesa delle colture. In questo contesto, nel 2010, è iniziata l'attività di un progetto di ricerca quadriennale denominato RHEA, finanziato dall'UE, la cui presentazione è oggetto di questa memoria. L'obiettivo è quello di realizzare una flotta di robot autonomi per il controllo chimico o fisico delle infestanti su specie erbacee e per l'effettuazione di trattamenti fitosanitari su specie arboree. Saranno sviluppate sia unità aeree (quadrotteri) che terrestri (trattrici autonome accoppiate ad operatrici "intelligenti"), che saranno in grado di interagire tra loro e con l'operatore "umano" grazie ad una specifica base per la pianificazione e la supervisione del lavoro.

Parole chiave: agricoltura di precisione, difesa delle colture, unità mobili autonome.

1 INTRODUZIONE

Negli ultimi 15 anni i notevoli progressi scientifici raggiunti nei campi dell'ingegneria meccanica, dell'informatica, dell'elettronica e delle telecomunicazioni hanno permesso di realizzare prototipi robotizzati autonomi da impiegare nei diversi settori produttivi dell'agricoltura. Alcuni di questi sistemi sono disponibili sul mercato (specifiche operatrici per la raccolta di piccoli frutti), ma sono ancora poco diffusi nel mondo produttivo, principalmente, a causa dei costi elevati, del loro non facile utilizzo e della bassa propensione agli investimenti sull'innovazione da parte degli imprenditori agricoli (Kassler, 2001). Queste tecnologie trovano un perfetto connubio con le moderne tecniche annoverabili nei sistemi di "Precision Farming", per cui è ipotizzabile prevedere che in un prossimo futuro nel settore della meccanizzazione agricola si assisterà ad una vera e propria rivoluzione, supportata da macchinari robotizzati

autonomi (Kassler, 2001). La ricerca sui sistemi completamente automatizzati associati ad una corretta gestione degli agroecosistemi è incoraggiata dalla Comunità Europea in quanto risulta un punto cruciale per un futuro sviluppo ecosostenibile. Al riguardo, infatti, l'uso di operatrici ed attrezzature automatizzate dotate di opportuni dispositivi atti a percepire l'ambiente circostante ed interagire con esso, consentirà di poter eseguire le principali operazioni colturali (impianto, concimazione, difesa, etc.) in maniera estremamente precisa con quantità di materiali ed energia ridotti e quindi con una maggiore efficienza rispetto alle tecniche ed alle macchine tradizionali usate fino ad ora (Keicher & Seufert, 2000).

Negli ultimi anni molti ricercatori hanno prodotto prototipi di operatrici autonome per l'agricoltura, principalmente in grado di compiere specifiche operazioni nel settore delle colture protette, di effettuare la raccolta della frutta e dei fiori (Tanigaki et al., 2008; Kohan et al., 2011). Per quanto riguarda l'applicazione di macchine semoventi completamente autonome sulle colture erbacee di pieno campo molti sforzi sono stati profusi dalla comunità scientifica per realizzare prototipi in grado di effettuare il controllo della flora infestante (Slaughter et al., 2008). Questa tendenza è giustificata dal fatto che in queste colture la flora spontanea risulta essere una delle avversità maggiori, in quanto ha un notevole impatto sulla quantità e sulla qualità delle produzioni (Slaughter et al., 2008). Inoltre queste moderne tecnologie associate all'agricoltura di precisione, risultano organiche ad una gestione sostenibile dell'agroecosistema. Infatti, non solo è possibile ridurre l'impiego di erbicidi, distribuendoli con estrema precisione in minima quantità solo dove risulta necessario (Åstrand & Baerveldt, 2005), ma anche associare i sistemi completamente automatizzati ad operatrici per il controllo fisico delle infestanti abbandonando completamente l'uso di sostanze chimiche di sintesi, in accordo con quanto viene auspicato e sostenuto dalla Politica Agricola Comunitaria (Åstrand & Baerveldt, 2005).

In questo contesto, nel 2010, è iniziata l'attività di un progetto di ricerca quadriennale denominato RHEA (Robot fleets for Highly Effective Agriculture and forestry management), finanziato nell'ambito del Settimo Programma Quadro dell'Unione Europea, la cui presentazione è oggetto di questa memoria.

2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO E DELLE ATTREZZATURE

RHEA è un progetto multidisciplinare, che include complessivamente 15 diversi partner europei, tra università, centri di ricerca, società spin-off e ditte private, in modo di favorire diverse tipologie di competenze tecniche, ingegneristiche ed agronomiche, come la robotica, l'informatica, la meccanica agraria, la malerbologia, le telecomunicazioni.

L'obiettivo è quello di progettare, realizzare e testare un sistema automatico e robotico per il controllo delle infestanti su specie erbacee e per l'effettuazione di trattamenti fitosanitari su specie arboree e forestali. Lo scopo finale di questa attività è quella di sviluppare un pacchetto tecnologico con il quale sia possibile eseguire trattamenti di difesa delle colture efficaci, con una riduzione dell'utilizzo di erbicidi dell'ordine del 75%. Ciò è in linea con quanto indicato nella Direttiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo, che istituisce un quadro di azione specifico per l'uso sostenibile dei fitofarmaci, in modo da poter ridurre i rischi per l'inquinamento ambientale, la salute degli operatori, dei cittadini e dei consumatori.

Questo importante traguardo potrà essere perseguito grazie ad una flotta di robot composta da due unità principali, una aerea e l'altra terrestre, che lavorano a stretto contatto tra loro. Ciascuna unità sarà equipaggiata con un sistema di acquisizione e uno di attuazione, e sarà in grado di lavorare in tre scenari diversi: controllo delle infestanti su frumento e su mais e trattamenti fitosanitari su olivo.

2.1 Unità aerea

Le unità mobili aeree saranno costituite da quadrotteri (droni volanti con quattro eliche), che saranno realizzati da una ditta privata, partner del progetto, specializzata in questo settore (AirRobot GmbH & Co. KG, Arnsberg, Germania). La macchina ha forma approssimativamente circolare ed è contraddistinta da un diametro pari ad 1 m circa ed in grado di trasportare una massa complessiva pari a 2 kg (Fig. 1). I droni saranno equipaggiati con un GPS e con piccole camere digitali atte ad acquisire informazioni, tramite un sistema di percezione artificiale, visive (principalmente immagini ma anche video) e dati di rilevante importanza ai fini della realizzazione di un trattamento efficiente. I parametri che possono essere individuati con questo sistema sono ad esempio lo stadio di sviluppo della coltura oppure il grado di infestazione e la localizzazione delle "patches", cioè le aree in cui le malerbe sono più concentrate, che dall'alto appaiono come vere e proprie "chiazze". Grazie a queste informazioni è possibile pianificare la "mission" che deve compiere l'unità terrestre.

Scopo dei progettisti di questo sistema è quello di riuscire a rilevare il 90% delle "patches" di avventizie presenti negli appezzamenti.



Figura 1. Quadrottero realizzato dalla ditta AirRobot (www.airrobot.de).

2.2 Unità terrestre

Nell'ambito del progetto RHEA è prevista la realizzazione di tre diverse unità mobili terrestri, che troveranno applicazione nei tre diversi scenari (controllo delle infestanti su frumento e su mais e trattamenti fitosanitari su olivo), ciascuna costituita da una motrice autonoma adeguatamente modificata ed implementata, in base alle caratteristiche dello scenario, prendendo come base un unico modello commerciale, che sarà fornito da CNH Belgium N.V., partner del progetto RHEA. Il modello in questione

è il Boomer T3050 a quattro ruote motrici con potenza nominale pari a 37.5 kW. La motrice sarà equipaggiata con una trasmissione a variazione continua CVT e con due prese di potenza, una posteriore e l'altra ventrale. Oltre all'ordinario motore endotermico è prevista inoltre l'adozione di un sistema di propulsione alternativo basato sull'impiego di celle a combustibile.

Come nel caso dell'unità mobile aerea, anche i tre mezzi terrestri saranno equipaggiati con un GPS e fotocamere (due situate nella parte anteriore) atte ad acquisire informazioni visive e dati di rilevante importanza ai fini della realizzazione dei trattamenti. Questo sistema di rilevamento avrà ad esempio la funzione di valutare la densità delle infestanti, discriminandole, allo stesso tempo, dalla coltura e suddividendole per gruppi principali (come la distinzione delle graminacee dalle specie a foglia larga) ed inoltre di inviare informazioni utili agli attuatori affinché possano effettuare un controllo "mirato" delle avventizie e "percepire" l'eventuale presenza di ostacoli in campo.

Le unità mobili differiranno a seconda della tipologia di trattamento e dello scenario di applicazione, per cui, nelle sezioni successive, saranno descritte più in dettaglio le tre diverse attrezzature specifiche che saranno realizzate, accoppiate alla motrice autonoma ed utilizzate nell'ambito del progetto RHEA.

2.2.1 Attrezzatura specifica per il diserbo su frumento

Il progetto RHEA prevede la progettazione e lo sviluppo di un sistema "intelligente" per la distribuzione "mirata" di erbicidi su frumento. La macchina operatrice che è stata individuata per questa operazione e che sarà abbinata alla trattatrice autonoma è una irroratrice meccanica dotata di una barra larga 6 m, divisa in due sezioni da 3 m, ciascuna delle quali può essere controllata indipendentemente, grazie alle informazioni del sistema di percezione. Il serbatoio avrà una capacità di 400 dm³ e la barra sarà equipaggiata con 12 ugelli a ventaglio.

La macchina dovrà lavorare su mappe generate in base alle informazioni ottenute tramite il sistema remoto di percezione del quadrottero. Tali dati saranno elaborati ed integrati con quelli acquisiti in tempo reale dall'unità di terra, che "deciderà" se e dove trattare.

2.2.2 Attrezzatura specifica per il controllo fisico delle infestanti su mais

L'altra coltura erbacea oggetto di studio nell'ambito di questa attività è il mais. In questo caso però sarà attuato il controllo fisico della flora spontanea, utilizzando una sarchiatrice di precisione equipaggiata con bruciatori a fiamma libera per l'effettuazione del pirodiserbo sulla fila (possibile in virtù della elevata resistenza del mais ai trattamenti termici) e con un sistema di guida di precisione.

L'attrezzatura lavorerà su interfila pari a 0,75 m, sarà complessivamente larga 4,5 m e sarà costituita da tre segmenti larghi 1,5 m in ognuno dei quali saranno presenti due moduli. Ognuno di questi sarà costituito da elementi sarchianti rigidi larghi 0,5 m, che opereranno nel centro dell'interfila ad una profondità di circa 0,05 m e da una coppia di bruciatori a bacchetta disposti frontalmente in modo da trattare una banda larga 0,25 m "a cavallo" della fila. Anche in questo caso la superficie trattata dipenderà dalle elaborazioni combinate delle informazioni ottenute dal quadrottero e dalla unità mobile. La sarchiatrice sarà "guidata" da un sistema di precisione in grado di compensare eventuali anomalie nella disposizione delle piante di mais ed errori di traiettoria del robot.

2.2.3 Attrezzatura specifica per trattamenti in volume su olivo

Per questa ultima applicazione è stato previsto l'impiego di una irroratrice mista basata sul sistema "Oktopus" della Nobili SpA, che sarà modificata ed implementata.

L'operatrice sarà composta da singoli moduli di irrorazione con un unico ventilatore centrale e da una pompa idraulica azionata dalla presa di potenza. Ciascun modulo sarà costituito da un condotto dell'aria che terminerà in un diffusore, all'esterno del quale sarà inserito un ugello a turbolenza. La macchina avrà complessivamente cinque moduli, dei quali i due posti alle estremità potranno variare la loro inclinazione in base alla forma ed alla dimensione della chioma, dati che potranno essere rilevati grazie ad un set di sensori ultrasonici. Tali parametri saranno inoltre utilizzati per interrompere il flusso di miscela agli ugelli qualora non venga rilevata la presenza della chioma, meccanismo utile, ad esempio, per evitare di irrorare nello spazio vuoto tra una pianta e l'altra, riducendo drasticamente la percentuale di prodotto distribuito fuori bersaglio.

3 DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA DI LAVORO DELLA FLOTTA DI ROBOT

La pianificazione e la supervisione del lavoro della flotta di robot, grazie ad appositi software ed a computer dedicati, sarà effettuata in una apposita base (chiamata "Base Station"), che sarà posizionata nel sito dove verrà effettuato il trattamento ed in modo tale da poter avere una buona visione del campo. La "Base Station" è quindi di fatto un vero e proprio punto di interazione tra la flotta di robot e l'operatore "umano" (Fig. 2).

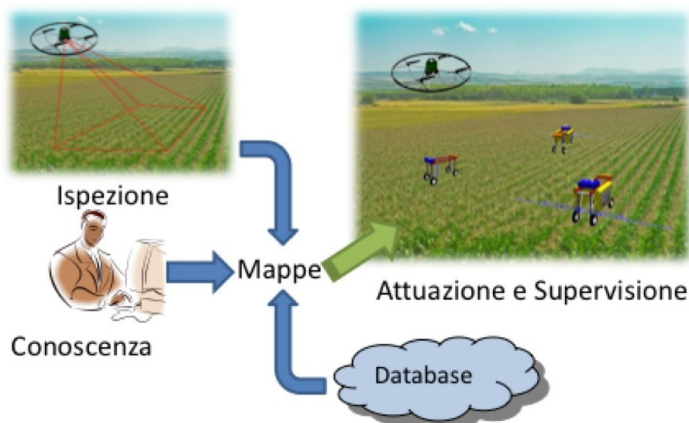


Figura 2. Schema della metodologia di lavoro della flotta di robot.

Per pianificare il lavoro della flotta terrestre è necessario raccogliere informazioni dal campo mediante un volo di ispezione a bassa quota realizzato dalle unità aeree. Questi dati devono essere necessariamente integrati ed elaborati con altri raccolti sulle base di conoscenze pregresse, derivanti, ad esempio, dall'esperienza dell'agricoltore oppure da database informatici come il GIS (Geographic Information System). L'insieme di tali informazioni viene quindi raccolto in "mappe di trattamento" specifiche, tramite le quali sarà possibile comunicare ai robot tutte le indicazioni necessarie affinché il trattamento venga svolto in maniera efficiente. In questo modo viene delineato il percorso ottimale per ciascuna delle unità terrestri e possono essere

stimati in maniera precisa le quantità totali di prodotto necessario per i trattamenti chimici o termici, i tempi operativi, etc. Una volta che il robot ha iniziato a compiere la “missione” programmata, sarà possibile supervisionare il lavoro in atto grazie alla trasmissione di numerosi dati, che la base può ricevere in tempo reale dalla flotta “all’opera”, e rendere, allo stesso tempo, disponibile in forma grafica, grazie ad una interfaccia in grado di generare immagini in tre dimensioni. Al riguardo, possono essere presi in esame, ad esempio, la posizione, l’orientazione, la velocità, lo status dell’unità, etc. In base alle informazioni acquisite in tempo reale, l’operatore “umano” può inoltre inviare ordini supplementari sia all’intera flotta che ad una singola unità.

4 STATO ATTUALE DEL PROGETTO E PROSPETTIVE FUTURE

Il progetto è attualmente al suo decimo mese di realizzazione e la sua durata complessiva sarà pari a quattro anni. L’attività si articola in dieci diversi “Work Package”, di cui solo il primo, riguardante la definizione dei requisiti tecnici, delle specifiche e la suddivisione del sistema, è già stato completato. Le macchine e le attrezzature descritte in questo lavoro sono quindi sempre in fase di progettazione. Al riguardo sono da poco iniziati i “Work Package” specifici, che termineranno al terzo anno di progetto, in cui verranno realizzati il sistema di pianificazione e supervisione del lavoro, quelli di percezione e di attuazione, le unità mobili, nonché i sistemi di comunicazione e localizzazione e la base con la relativa interfaccia grafica. Sono poi previste attività finali di integrazione tra i sistemi, di prova delle macchine e di dimostrazione. Il Progetto RHEA, grazie alle molteplici competenze presenti, rappresenta quindi una proposta concreta per poter applicare efficacemente le più sofisticate tecniche dell’agricoltura di precisione alla difesa dei vegetali e mira a fornire strumenti efficaci agli agricoltori, affinché questi possano ridurre sensibilmente l’impiego di agrofarmaci, prendendo in esame tre tra le principali colture europee.

Ringraziamenti. RHEA è un progetto finanziato dall’UE nell’ambito del Settimo Programma Quadro (Progetto n°245986). Gli autori desiderano ringraziare tutti i partner del progetto RHEA, la lista dei quali non viene riportata per motivi di spazio, ma può essere facilmente reperita sul web (www.rhea-project.eu).

BIBLIOGRAFIA

- Åstrand B. & Baerveldt A.J. A vision based row-following system for agricultural field machinery, *Mechatronics*, 2005, 15, 251-269.
- Kassler M. Agricultural Automation in the new Millenium, *Computers and Elettronics in Agriculture*, 2001, 30, 237-240.
- Keicher R. & Seufert H. Automatic guidance for agricultural vehicles in Europe, *Computers and Elettronics in Agriculture*, 2000, 25, 169-194.
- Kohan A., Borghae A.M., Yazdi M., Minaei S. & Sheykhdavudi M.J. Robotic Harvesting of Rosa Damascena using Stereoscopic Machine Vision, *Word Applied Sciences Journal*, 2011, 12(2), 231-237.
- Slaughter D.C., Giles D.K. & Downey D. Autonomous robotic weed control systems: A review, *Computers and Elettronics in Agriculture*, 2008, 61, 63-78.
- Tanigaki K., Fujiura T., Akase A. & Imagawa J. Cherry-harvesting robot, *Computers and Elettronics in Agriculture*, 2008, 63, 65-72.