Marco Vieri, Daniele Sarri, Marco Rimediotti,
Stefania Lombardo, Riccardo Lisci, Valentina De Pascale,
Andrea Mannino, Andrea Pagliai, Eleonora Salvini.
Laboratorio AgrismartLab, Università di Firenze – www.agrismartlab.unifi.it

Soluzioni innovative meccatroniche per l'agricoltura di precisione

I vincoli di sostenibilità, qualità ed efficienza hanno portato alla assunzione di una attività di gestione delle risorse rurali nel presupposto di una Agricoltura di Precisione Sostenibile.

L'evoluzione delle smart technologies quali, digitalizzazione, modellistica, fotonica, automazione è intensa ed in continua evoluzione.

Molti sono i settori specifici che si stanno sviluppando, dal monitoraggio remoto con satelliti, a quello intermedio con aerei e droni, a quello prossimale con reti di sensori colegati al suolo, alla coltura ed ai singoli elementi produttivi (piante o animali).

I sistemi di posizionamento e i GIS sistemi informativi geografici costituiscono il fondamento della gestione sitospecifica, dove nel singolo elemento è possibile valutare le migliori scelte gestionali in base agli obiettivi di valore aggiunto che si vogliono raggiungere.

I modelli digitali di supporto decisionale permettono di elaborare informazioni e criteri, così da identificare la scelta operativa migliore.

A questa catena operativa segue la mappatura digitale di stato e di prescrizione che poi deve essere tradotta in file comprensibili per le interfacce informative in fase operativa o per il controllo degli automatismi di una macchina operativa.

Questo scenario ciberfisico rappresenta una grande opportunità per migliorare i processi produttivi agricoli ma, parimenti, deve essere correttamente allocato sul piano concreto e reale delle attività sequenziali del calendario annuale o periodico delle operazioni.

A fronte di un attuale quadro caotico delle innovazioni proposte, si tratta di affrontare la complessità delle possibilità riportandole con ordine allo scenario operativo reale e individuare singoli elementi semplici che devono essere analizzati collocandoli nell'obiettivo di processo, che nel caso del farming è la singola operazione colturale.

Le nuove tecnologie digitali e di alta tecnologia ci permettono di superare la gestione massiva di un protocollo colturare normalizzato per gestire il singolo elemento (la porzione di suolo, la pianta, l'animale) facendo la cosa più corretta nel posto e nel momento giusto, nella misura più adeguata.

L'imprenditore agricolo ha quindi a disposizione una cassetta degli arnesi ed un kit di dispositivi che devono essere utilizzati e combinati per ottenere il migliore progetto di business nelle produzioni agricole.

Tuttavia è fondamentale sviluppare anche a livello territoriale un sistema multi attori, multi competenze che supportino ogni tecnologia coinvolta. L'esperienza di introduzione di macchine agricole evidenzia la necessità di: a) avere tecnologie affidabili, b) avere fornitori, manutentori e riparatori locali, c) avere un sistema educativo per formare i nuovi operatori.

Nell'introduzione di digitalizzazione ed alta tecnologia sarà quindi importante creare un ecosistema territoriale di supporto che preveda le seguenti figure: i produttori di tecnologie, i servizi di personalizzazione e manutenzione dei sistemi software e hardware, i consulenti, il capitale umano all'interno dell'azienda, il sistema educativo territoriale, il sistema della governance.

Nel quadro delle possibilità di questo nuovo paradigma tecnologico, la robotica rappresenta un orizzonte di eccellenza che può contribuire a migliorare significativamente quelle operazioni che richiedono lavori continuativi e onerosi di monitoraggio o di esecuzione di operazioni. Le preoccupazioni che la robotica tolga lavoro all'uomo sono nella massima parte ingiustificate, poiché tali operazioni vengono fatte oggi sommariamente con grande dispendio di tempo o, nella maggioranza dei casi, non vengono fatte.

Così l'avvento della robotica si è attualmente reso sempre più rilevante in ambito agricolo, non solo per il monitoraggio delle colture, come l'ispezione di un'area per controllare la crescita della pianta, ma assume un ruolo chiave anche nelle classiche operazioni colturali.

L'introduzione di queste funzionalità di rilevamento avanzate, per le piante che costituiscono un appezzamento, consente un controllo preventivo dell'impianto rilevando così i problemi prima che si diffondano a tutto l'appezzamento.

Inoltre, l'impiego dei robot in agricoltura consente anche una somministrazione dei prodotti fitosanitari necessari alla pianta in modo mirato e specifico: questa condizione prevede l'utilizzo di insetticidi o fungicidi solo per le piante, o quelle porzioni, che ne hanno reale necessità e nella minor quantità possibile.

Una particolare categoria di robot agricoli sono gli *Agbots* e ad oggi si presentano tra le innovazioni più importanti dell'agricoltura moderna

Robot per la raccolta con sistema di navigazione satellitare guidato dal GPS.
(Fonte: www.freshplaza.it 2017)

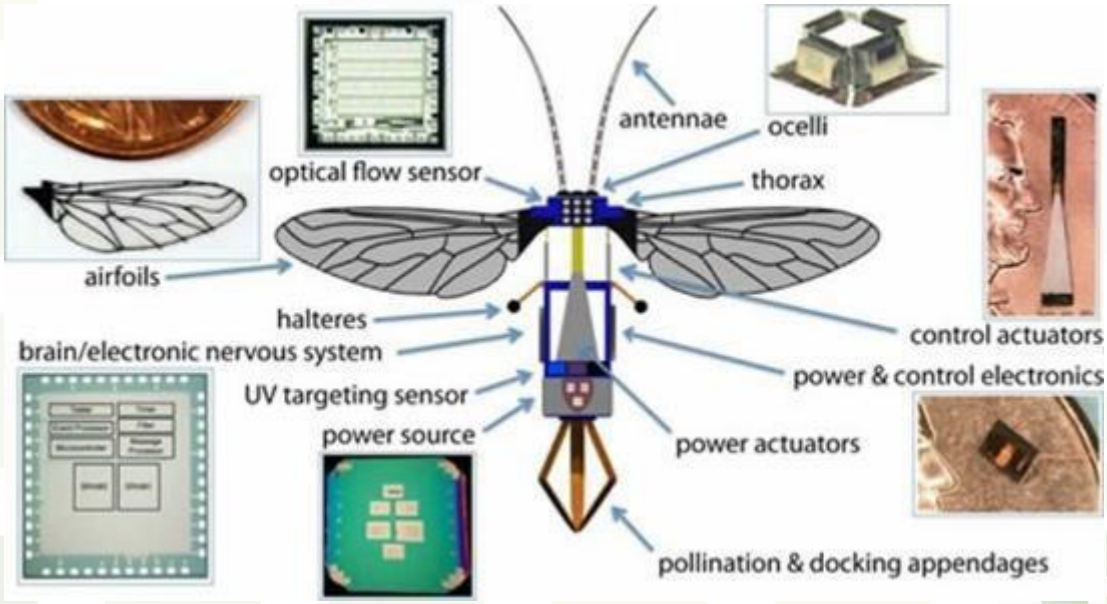
Gli *Swarm Farm Bots* sono robot piccolissimi (swarm significa sciame) in grado di muoversi autonomamente sul piano e capaci di collaborare fra loro. Vengono impiegati soprattutto per effettuare operazioni colturali che richiedono precisione e massima dislocabilità.

Uno di questi robottini è stato realizzato nel 2011 dalla *Dorhout R&D*, una Compagnia high tech che opera da anni nel campo dell'intelligenza artificiale. Il robot si chiama *Prospero.* Si tratta di un "Autonomous Micro Planter-AM P" (ovvero di una micro piantatrice autonoma), in grado di effettuare la semina, la cura e la raccolta di una coltivazione in pieno campo o in ambiente confinato.

Per adesso *Prospero* semina soltanto, ma è molto preciso: trivella il suolo, lo fertilizza e vi inserisce dei semi. Effettua un lavoro accurato, che può essere eseguito in file oppure seguendo un tracciato bidimensionale a piacere.

Robot "Prospero" realizzato dalla Dorhout R&D
(Fonte: www.scienzaegoverno.org 2014)

Esistono anche robot estremamente piccoli, come i *RoboBees*, letteralmente I *Robot Ape*. L'*ape robot* è, per il momento, un prototipo realizzato da un gruppo di studio dell'Università di Harvard. Il tentativo è quello di creare un "Autonomous flying honey bee robot" (ovvero un'ape robot volante in modo autonomo), complesso macchinario delle dimensioni di un imenottero. In particolare, i ricercatori stanno collaborando con alcuni scienziati dell'Università di Sheffield e del Sussex per arrivare ad elaborare un modello di Software che sia in grado di simulare l'attività cerebrale dell'ape. In questo modo il robot potrebbe diventare autonomo, prendendo, mentre vola di fiore in fiore, decisioni appropriate relativamente al contesto operativo.



Modello dell'ingegnoso RoboBees (Fonte: www.scienzaegoverno.org 2014)

Il fine ultimo dell'utilizzo del *flying honey bee robot* dovrebbe essere principalmente quello di garantire l'impollinazione delle coltivazioni e quindi di ovviare al problema contingente della moria di api a causa dell'inquinamento.

L'Università Politecnica di Madrid, per le sue sperimentazioni all'interno del *Progetto Rosphere*, ha messo a punto delle sfere in grado di muoversi anche su terreni sabbiosi e incoerenti, dove le zampe meccaniche incontrerebbero invece difficoltà a procedere.

Un modello Rosphere all'interno di un terreno agricolo
(Fonte: www.scienzaegoverno.org 2014)

Rosphere, anche detta *sfera sentinella*, è provvista di una sorta di pendolo interno, definito "instability generator mechanism" (meccanismo che produce instabilità), il quale consente alla palla di sbilanciarsi dinamicamente (con movimenti in avanti/indietro/di lato), in modo da poter rotolare senza causare danni alla coltivazione e, se necessario, cambiare anche direzione. *Rosphere*, grazie al GPS integrato, raccoglie sul campo i dati relativi al suolo e alla coltivazione, li elabora attraverso due micro-computer interni e li trasmette grazie ad una connessione Wi-Fi. Attualmente, il prototipo misura l'umidità del terreno, ma presto la gamma di rilevazioni potrà essere ampliata, rendendo il robot particolarmente adatto per utilizzi nell'ambito dell'agricoltura di precisione.

In Australia, nell'azienda agricola del Sg. Ed Fagan, produttore di cipolle, barbabietole e spinaci, è stato testato il robot agricolo *Ladybird* (letteralmente Coccinella), ideato da un gruppo di ricerca dell'Università di Sidney che si dedica a ridefinire alcune aree fondamentali della robotica applicata all'agricoltura.

Robot agricolo Ladybird ideato all'Università di Sidney
(Fonte: www.scienzaegoverno.org 2014)

Il *Ladybird* è adatto all'agricoltura su grandi superfici ed è alimentato ad energia solare. Il dispositivo possiede una serie di sensori che identificano il grado di sviluppo degli ortaggi e le specie infestanti, sia vegetali che animali. Possiede inoltre un braccio meccanico con il compito di rimuovere le erbe infestanti, oltre che permettere una potenziale raccolta autonoma.

Questo ingegnoso dispositivo è stato progettato e costruito su misura per il settore degli ortaggi ed è in grado di condurre autonomamente operazioni di sorveglianza, mappatura, classificazione e localizzazione di tutta una serie di ortaggi diversi. Inoltre è capace di percorrere autonomamente in lungo e in largo le file e di passare anche da una fila a quella successiva, il tutto raccogliendo dati. I suoi sensori comprendono laser, videocamere e fotocamere iperspettrali.

I test futuri relativi a *Ladybird* comprenderanno un braccio robotico prensile, situato sotto il veicolo ed adibito a rilevamento o campionatura in vista di una raccolta automatizzata.

Vitirover è un piccolo robot in grado di falciare l'erba fino ad una distanza di 2-3 cm dal piede della vite. Agisce nel pieno rispetto della pianta e garantisce un'altezza di taglio compresa tra i 4 e i 10 cm.

L'automa dispone di quattro ruote motrici che gli consentono di lavorare anche nei vigneti più scoscesi, fino ad una pendenza massima del 15%. Il sistema di alimentazione è completamente autonomo grazie ad un pannello fotovoltaico sistemato sul piano superiore. Il robot lavora in autonomia sulla base di coordinate GPS, ma allo stesso tempo può essere controllato da PC o da smartphone grazie ad una semplice applicazione compatibile con molti sistemi informatici. Tuttavia, il parziale limite di questo congegno è rappresentato dalla velocità operativa di avanzamento che risulta essere piuttosto contenuta (0,39 m/s), per cui sono necessarie circa 100 ore di lavoro per coprire un ettaro di vigneto.

Nonostante la macchina sia in grado di lavorare in modo continuativo, le ore necessarie a trattare un singolo ettaro di vigneto rimangono elevate. Per ovviare a

questa condizione è indicato far uso di più unità di *Vitirover* per una gestione efficiente del vigneto. Quest'ultimo punto risulta spesso assai compatibile con le esigenze di investimento del viticoltore poiché il piccolo robot possiede un costo relativamente ridotto (circa 5.000€ per ciascuno).

Robot Vitirover (Fonte: libro "La nuova viticoltura" 2015)

Il robot soprannominato *Wall-Ye* è nato in Francia dall'idea di uno scienziato della Borgogna, Christophe Millot. Oltre al GPS, montato sulla parte anteriore, il robot, è dotato di due braccia, quattro ruote e sei telecamere, che esaminano nel dettaglio i vigneti, raccolgono e memorizzano i dati sullo stato sanitario delle piante. Ha una massa di 80 kg, questa caratteristica è fondamentale, infatti non compatta il suolo dopo il suo passaggio, quindi può essere utilizzato anche se il terreno non è in tempra.

Robot Wall-Ye attivo tra i filari di una vigna (Fonte: La nuova viticoltura 2015)

Grazie ad un sistema di monitoraggio basato su 6 sensori questo robot riesce non solo ad eseguire corretti spostamenti all'interno del vigneto, ma anche ad effettuare interventi di potatura di precisione che rispettino la specifica struttura di ogni singola vite. È in grado di muoversi autonomamente lungo i filari, di acquisire dati su ogni singola pianta e di realizzare una mappatura del vigneto ad altissimo dettaglio.

Inoltre, ha la capacità di calcolare la produzione per ha e il grado di maturazione dei grappoli. Una volta acquisite tutte queste informazioni, *Wall-Ye* le trasferisce sul suo software ed elabora un'accurata mappa di vigoria del vigneto.

Per compiere questo lavoro, il robot utilizza l'energia solare grazie ad un sistema di pannelli fotovoltaici, inoltre è dotato di batterie che sono intercambiabili in 2 minuti e ha un'autonomia residua di 10-12 ore.

Oltre a essere in grado di effettuare potature, fino a circa 600 piante al giorno, è anche capace di compiere operazioni colturali come la falciatura e la rimozione dei polloni.

Infine, *Wall-Ye*, grazie alle sue ruote motrici, riesce a lavorare in pendenze che arrivano al 40%.

Modello del Robot Wall-Ye per le operazioni colturali

Un altro robot, il *VineGuard*, è stato sviluppato per effettuare trattamenti fogliari in vigneto. Esso può spostarsi all'interno di una vigna grazie ad un complesso set di sensori e presenta un sistema di movimento ottimizzato proprio per terreni accidentati, in grado di gestire sia movimenti lungo il filare sia l'angolo di sterzata per cambiare il filare. Oltre a questa applicazione, che lo rende differente da altri modelli di automi, è attualmente in fase di studio la progettazione di un braccio robotico: si tratterebbe di un accessorio utile per agevolare le operazioni di raccolta dell'uva.

Il tutto si renderebbe possibile attraverso un'intelligenza artificiale capace di guidare la macchina in una serie di operazioni quali: localizzazione, valutazione dello stato di maturazione, selezione e distacco del grappolo dalla pianta.

L'obiettivo è quello di sopperire ai costi ed alla scarsità di manodopera, ma anche alla mancata selezione delle uve nel caso della vendemmia meccanica tradizionale.

Robot VineGuard in azione (Fonte: libro "La nuova viticoltura" 2015)

La gestione del suolo è una pratica fondamentale per ogni tipo di coltivazione, anche per la viticoltura, la quale ha come principale scopo quello di mantenere le viti e il terreno in buone condizioni di vegetazione, fruttificazione e di suolo.

L'obiettivo di *Agrirobot* è riuscire ad effettuare un taglio ed una pulizia costante di tutta l'erba presente nei filari della vigna. Appena inserito nell'appezzamento, il robot inizierà il suo lavoro di gestione del suolo, riconoscendo la fine di un filare e passando autonomamente in un altro. Oltretutto, attraverso i sensori che precedono le sue lame, *Agrirobot* riconosce i filari e taglia soltanto in presenza degli stessi.

Agrirobot – (www.zcscompany.com)

TED è un robot elettrico emergente, sviluppato *ad hoc* per le aziende vitivinicole, da *Naio Technologies* con la partecipazione dell'*IFV* (French Institute of Vine and Wine) e della *LAAS* (Research Center of Robotic in Toulose, Francia).

Questo mezzo è lungo 1.8 m e largo 2.4 m, e, con una velocità di 4 km/h, i costruttori affermano che possa riuscire a lavorare fino a 5 ha al giorno, con una autonomia di 8/10 ore.

TED all'interno di un vigneto - (www.toulouse.latribune.fr 2018)

Altri robot di notevole interesse sono: il *BoniRob* della *Deepfield Robotics*, *AgBotII* della *Queensland University of Technology*, *Thorval II* della *Saga Robotics*, *Ecorobotix* , *Anatis* di *Carré*, *Robotti* di *Agronitelli* e *Asterix* di *Adigo*, *OZ*, *TED*, *DINO* della *Naïo Technologies*.

www.scienzaegoverno.org, www.naio-technologies.com

Lo SMASH robot system del sistema di alta tecnologia della Toscana.
Smart Machine for Agricultural Solutions Hightech

EDI YANMAR DORIAN SEINTECH AvMAP BASE COPERNICO ARCHA Laboratori ARCHA Dr. Filippo GiuntiniLaboratori

Il progetto SMASH si avvale di un partenariato di eccellenze del polo toscano per l'alta tecnologie, rappresentato da:, E.D.I. Progetti e Sviluppo srl, capofila del progetto, Yanmar R&D Europe srl, Avmap srl, Base srl, Seintech srl, Dipartimento di Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari Ambientali e Forestali dell'Università degli studi di Firenze, Istituto Italiano di Tecnologia, Istituto di BioRobotica, Scuola Superiore Sant'Anna, Copernico srl, Dorian srl e Giuntini

Filippo (libero professionista). L'obiettivo è quello di realizzare un ecosistema robotico collaborativo, modulare ed integrato per il monitoraggio e la gestione sostenibile delle colture agrarie, nell'ottica dell'applicazione dell'Agricoltura di Precisione. Il progetto fornirà gli strumenti tecnologici per affrontare e risolvere alcune problematiche riguardanti la sicurezza alimentare (es. nitrati) e la sostenibilità ambientale (es. pesticidi) di colture di vario tipo, partendo da 2 casi studio: vite ed ortaggi. L'ecosistema robotico sarà costituito da differenti moduli: una unità mobile terrestre (AgroBot), un unità di monitoraggio del suolo (Plantoide), una unità volante (FlyBot) e una unità di servizio a bordo campo (AncillaryBot). Il sistema SMASH integrerà tecnologie ICT per il coordinamento dei vari moduli e per l'elaborazione e la gestione dei dati acquisiti mediante sensori ed attuatori di varia natura (es. sistemi di visione, sensori fotonici, …) nonché analisi chimico-fisiche eseguite/assistite direttamente a bordo dei veicoli/a bordo campo in real-time. Il progetto SMASH unisce le eccellenze della Ricerca e dell'Industria presenti in Toscana, nell'ottica di ideare nuovi sistemi robotici e sensoristici integrati che permettano di:

- gestire in situ le problematiche agronomiche delle colture, in termini di monitoraggio e controllo analitico (es. analisi del terreno, del contenuto di minerali e composti organici nelle foglie e nei frutti, ecc.);
- di compiere operazioni per la gestione delle colture modulate sulla base del monitoraggio eseguito (es. somministrazione mirata di prodotti);
- di compiere operazioni elementari, tipo prelievo e raccolta di campioni, in modo mirato e georeferenziato, ad integrazione delle procedure analitiche tradizionali di laboratorio.

I dati raccolti dall'ecosistema robotico SMASH saranno trasmessi ad una piattaforma cloud ed elaborati con opportuni strumenti statistici e chemiometrici, allo scopo di "tradurre" i dati (dati semplici o complessi, come numeri, spettri di assorbimento, spettri di emissione, analisi chimiche,…) in "informazioni" utili agli esperti, per la gestione delle colture, con l'obiettivo di avere uno strumento di supporto alle decisioni.

La comunicazione delle "informazioni" agli utenti finali (end-users) sarà realizzata coi moderni strumenti Smart dell'ICT, al fine di rendere utilizzabile/fruibile l'ecosistema robotico e telematico, mediante semplici strumenti come lo smartphone e il tablet.

Le potenzialità dei robot sono enormi ed i principali vantaggi del loro utilizzo possono essere così schematizzati:

- rendono possibile l'ottenimento di un'ottima qualità del lavoro e sono in grado di agire mantenendo un altissimo dettaglio di intervento;
- consentono una riduzione degli sprechi nell'utilizzo di input agronomici a cui consegue un risparmio economico;
- riducono il compattamento del suolo e comportano quindi una minore difficoltà di transito in terreni bagnati.

Questi parametri implicano benefici effettivi dal punto di vista produttivo per l'azienda agricola; il prodotto è monitorato con minuzia e trattato in maniera

personalizzata, il proprietario dell'azienda ottiene dei risparmi economici e la produzione agricola si caratterizza per un incremento della qualità. Inoltre, se i sovra citati sono vantaggi correlati alla *produzione aziendale* in sé, risultano numerosi anche gli aspetti connessi al *lavoratore*, in quanto:

- garantiscono un'operatività continuativa, anche in notturna;
- assicurano una possibilità di lavoro in tutte quelle condizioni critiche per la salute dell'operatore (trattamenti);
- superano i rischi fisico-chimici-meccanici per il lavoratore.

Di contro, questi strumenti presentano svantaggi legati al recente sviluppo, che consistono principalmente in:

- costi, che risultano elevati;
- velocità operativa, ancora ridotta.

Tuttavia lo sviluppo è in rapido avanzamento, nuove soluzioni vengono continuamente proposte ed analizzate, e come per tutta la tecnologia, nel prossimo futuro i robot agricoli saranno proposti con costi sempre più ridotti e performance operative migliorate, rendendoli strumenti di utilizzo competitivo nelle aziende.