

ENTOMATA

Newsletter della
Società Entomologica Italiana

N. 19 del 19 dicembre 2022



Società
Entomologica
Italiana

DRONI & INSETTI: NUOVE TECNOLOGIE PER STUDIARE E GESTIRE GLI AGROECOSISTEMI

Daniele Giannetti¹, Niccolò Patelli¹, Maria Cristina Pinotti²,
Francesco Betti Sorbelli², Lara Maistrello¹

*¹Applied Entomology Lab, Dipartimento di Scienze della Vita,
Università degli Studi Di Modena e Reggio Emilia*

²Dipartimento di Matematica e Informatica, Università degli Studi di Perugia



Fig. 1. Drone DJI Mini 2 durante attività di ripresa in un campo sperimentale (foto di Niccolò Patelli)

Il termine “drone” evoca immediatamente nella mente di tutti noi immagini di fantascienza, velivoli robot senza pilota che esplorano in modo autonomo zone sconosciute e persino pianeti lontani. Questo immaginario è, in realtà, più concreto di quanto si pensi: lo scorso anno infatti, “Ingenuity”, l’elicottero drone progettato dalla NASA è atterrato su Marte, e ha già compiuto i primi voli di esplorazione e raccolto le immagini in volo del pianeta rosso. Un punto di partenza, non un traguardo, per una tecnologia che diventa, giorno dopo giorno, sempre più accessibile e che addirittura offre tanti velivoli con diverse caratteristiche tecniche in grado di fungere da supporto in numerose discipline scientifiche. In questi anni, infatti, vari laboratori di ricerca hanno lavorato allo sviluppo di droni con

dimensioni sempre più ridotte, supportati dalla miniaturizzazione e riduzione dei costi dei componenti elettronici (microprocessori, sensori, batterie e unità di comunicazione wireless), disponibili in molti dispositivi elettronici portatili utilizzati da tutti noi. Questi miglioramenti hanno consentito la prototipizzazione e la commercializzazione di piccoli droni, tipicamente dal peso inferiore a un chilogrammo, a prezzi comparabili agli smartphone che noi tutti utilizziamo (Floreano & Wood 2015). Tuttavia, numerose implementazioni tecniche sono ancora necessarie per consentire a questi velivoli di svolgere missioni autonome a seguito di programmazione, lavorare per lunghi periodi e trasferire in tempo reale i dati raccolti al fine di implementare pratiche di “decision making”.

CHE COSA È UN DRONE?

Il termine corretto per definire un “drone” è in realtà UAS (*unmanned aircraft system*) o UAV (*unmanned aerial vehicle*). Le caratteristiche tecniche (peso, carico, velocità, autonomia) e le tipologie di propulsione utilizzate (elettrica e a motore) sono alcuni tra i parametri principali per la categorizzazione di questi velivoli (Hassanalain & Abdelkefi 2017). Anche se la maggior parte dei droni che si avvistano sono dotati di quattro eliche; questa associazione è dovuta al recente incremento di UAV a basso costo con queste caratteristiche reperibili sul mercato. Nel quadro generale su questi sistemi troviamo veicoli con svariate capacità propulsive sia a rotore che ad ala fissa (quindi più simili ad un aereo che ad un elicottero). Tra le sigle che possiamo trovare in commercio, gli autori individuano sei categorie generali definite da sigle specifiche che si basano sulle caratteristiche tecniche, dimensioni e capacità di missione: UAV (*unmanned aerial vehicle*) ; MAV (mi-

cro-aerial vehicle, con un peso inferiore ai 2 kg); NAV (*nano-aerial vehicle*, con un peso massimo di 50 g); PAV (*pico air vehicle*) ispirati a modelli animali tra cui gli insetti. A quest’ultima categoria appartiene uno tra i droni più piccoli, il “Robobee”, un progetto dei ricercatori del Wyss Institute della Harvard University, ad ala battente (0,5 g e 3 cm), sviluppato per studi di impollinazione artificiale, studi di comportamento funzionali all’analisi del volo di insetti oltre che per attività di sorveglianza, ricerca e soccorso in luoghi pericolosi. In questo piccolissimo “drone” anche il sistema di stabilizzazione è basato sulla percezione della luce con strutture ispirate agli ocelli presenti in molti invertebrati (Fuller et al. 2014; Jafferis et al. 2019). Questi sistemi PAV, che traggono ispirazione per i sistemi propulsivi da insetti del genere *Drosophila* o differenti specie di colibrì (Coleman et al. 2017; Phan & Park, 2020), stanno attirando l’attenzione di numerosi centri di ricerca.

Un altro esempio recente di applicazione di un sistema ispirato, invece che alla morfologia, al comportamento di un animale è il “Robotfalcon” (Storms et al. 2022). Questo dispositivo è stato sviluppato sulla base di dimensioni, colorazione e movimento del falco pellegrino e può essere utilizzato per far fronte alle potenziali collisioni

tra aeromobili e uccelli; causa di oltre 1,4 milioni di dollari all’anno di danni per l’aviazione civile. Rispetto a un “drone” quadricottero, questo dispositivo si è rivelato molto più efficiente nell’allontanare corvidi, gabbiani, storni e pavoncelle da queste aree e in grado di mantenere l’efficacia anche nel tempo (Storms et al. 2022).

DRONI UTILI PER STUDIARE GLI INSETTI

I droni si rivelano un supporto sempre più prezioso anche in numerose attività di **entomologia applicata** e, in relazione all’obiettivo, possono essere valutati dispositivi con caratteristiche e sensori differenti. Molto utili si rivelano i velivoli a rotore che, a differenza di quelli ad ala fissa, possono garantire elevata manovrabilità, possibilità di volare a bassa quota (anche pochi metri dal suolo), buona capacità di carico e un ottimo sistema di “hovering” (volo stazionario), grazie al miglioramento dei sistemi di geo-localizzazione, che, essendo abbinato alla possibilità di utilizzo di diversi sistemi di ripresa, assicura prestazioni altamente funzionali per applicazioni in ambito entomologico. Per quanto riguarda i sensori, quelli a luce visibile o RGB sono adatti al telerilevamento a quote variabili e sono funzionali per indagini agroecologiche estremamente dettagliate su mappatura e classificazione della copertura del suolo. Queste informazioni si rivelano cruciali per comprendere la distribuzione spaziale, la variabilità e i cambiamenti dinamici della copertura del suolo (Librán-Embú et al. 2020; Pappalardo & Andrade 2022).

Grazie alla qualità e alla definizione delle immagini e riprese acquisite, i droni possono essere utilizzati sia per individuare insetti che per riconoscere le tracce della loro presenza, come i danni causati. I sensori iperspettrali e multi-spettrali sono in grado di registrare immagini

con un numero elevato di bande nello spettro elettromagnetico. Infatti, grazie all’analisi delle immagini acquisite, è possibile ottenere informazioni accurate sullo stato di salute delle piante, riuscendo a discriminare stress fisiologici dovuti a fattori abiotici da attacchi da parte di fitofagi (Al-doski et al. 2016; Zhang et al. 2021).

Queste camere, montate su droni, sono state utilizzate per lo studio e il monitoraggio di aree forestali di abete rosso attaccate dallo scolitide *Ips typographus* (L.) allo scopo di creare una mappa iperspettrale funzionale all’individuazione precoce di altre infestazioni (Al-doski et al. 2016; Honkavaara et al. 2020). La loro applicazione è stata inoltre utilizzata per studiare differenti colture come soia, mais, sorgo e cotone attaccate rispettivamente da *Aphis glycines* Matsumura, *Ostrinia nubilalis* (Hübner), *Melanaphis sacchari* (Zehntner) e *Aphis gossypii* Glover. Inoltre, si possono utilizzare anche fotocamere a sensore termico che, a differenza degli altri sensori citati, hanno il vincolo di una bassa risoluzione spaziale. L’utilizzo in campo di termocamere associate a droni è documentato per l’individuazione di palme infestate da *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier, in quanto l’attività delle larve causa differenze registrabili attraverso lo spettro di emissione delle foglie (Soroker et al. 2013; Al-doski et al. 2016).

DRONI PER LA LOTTA BIOLOGICA E IL RILASCIO DI INSETTI STERILI

Grazie alla crescente attenzione verso la sostenibilità ambientale, con l'intento di diminuire la chimica di sintesi nelle pratiche di gestione degli agroecosistemi, le capacità di carico e manovrabilità dei droni a rotore sono state utilizzate come supporto in differenti azioni legate alla lotta biologica. Ad esempio, i droni a rotore sono stati utilizzati come supporto per il rilascio di insetti predatori e parassitoidi, grazie alla capacità di carico e manovrabilità, unitamente alla installazione di specifici contenitori ad apertura controllata azionati dall'operatore, come avviene per il rilascio di *Trichogramma* spp. utile al controllo di *O. nubilalis* (Hübner). Sistemi di

rilascio con droni sono stati testati anche per dispersione di *Chrysoperla* spp., *Orius insidiosus* (Say) e *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, per il controllo di afidi e cocciniglie. Ulteriori studi hanno testato l'efficienza dei droni per il rilascio di insetti sterili come avvenuto rilasciando maschi sterili per il controllo di *Anastrepha ludens* Loew in Messico e *Cydia pomonella* (L.) negli Stati Uniti (Gonzales & Brewer 2021). In Italia l'utilizzo di "droni" per questa tecnica è stato testato dalla Fondazione E. Mach per il rilascio di maschi sterili utili al controllo della mosca della frutta *Ceratitis capitata* Wiedemann.

DRONI PER IL MONITORAGGIO IN CAMPO

Oltre al rilascio di insetti, i droni possono essere un valido supporto per attività di campionamento e monitoraggio in campo. Grazie alla diminuzione dei costi dei componenti, il progetto "IDrone bee" offre una soluzione open source per la costruzione, montaggio e programmazione di un sistema di campionamento mediante droni. Il sistema prevede l'integrazione di un sistema tradizionale come lo sfalcio, in questo caso effettuato con il drone tramite un sistema di funi e pesi che consentiva al retino da sfalcio di essere trascinato dal velivolo e muoversi per il campo secondo una traiettoria definita. Questo sistema è in grado di diminuire i costi e i tempi di realizzazione, consentendo un monitoraggio di porzioni di territorio più ampie se comparate con i sistemi tradizionali con operatore (Ryu et al. 2022).

È da rilevare che, grazie ai progressivi miglioramenti tecnologici e alle implementazioni di

fotocamere specifiche, i droni consentono di ottenere immagini di grande qualità anche di oggetti molto piccoli. Fino a questo momento, in letteratura si trova un solo esempio di utilizzo di queste potenzialità, uno studio effettuato in Corea del Sud per l'individuazione dei bozzoli del lepidottero *Monema flavescens* Walker, che attacca diverse specie vegetali, tra cui acero, salice, castagno e quercia e numerose varietà di alberi da frutto come melo, pero, pesco, agrumi. Questa specie invasiva si serve della chioma delle piante con altezza dai 3 ai 5 m per imparsi. Lo studio, condotto nei mesi invernali, ha evidenziato la maggiore efficienza del drone nell'individuare e distinguere i bozzoli da cui gli insetti sono già sfarfallati rispetto ai bozzoli ancora integri comparato con un campionamento tradizionale condotto da terra, consentendo quindi una stima più efficiente della popolazione (Park et al. 2021).

I DRONI PER IL MONITORAGGIO DELLA CIMICE ASIATICA: IL PROGETTO HALY.ID

L'utilizzo di queste potenzialità ottiche, assieme a manovrabilità e capacità di hovering, sono alcuni dei motivi che hanno influenzato la scelta di droni quadricotteri per lo svolgimento del progetto Europeo HALY.ID (<https://www.haly-id.eu>) sviluppato dall'Università degli studi di Modena e Reggio Emilia e dall'Università degli studi di Perugia in collaborazione con altri istituti di ricerca Europei. Lo studio è incentrato sulla implementazione di sistemi per migliorare le capacità di individuazione di *Halyomorpha halys* (Stål) in campo. Questo insetto originario dell'est Asia, grazie alla sua elevata capacità invasiva facilitata dalle attività umane e dal commercio (Maistrello et al. 2018), in concomitanza con l'aumento delle temperature dovute al cambiamento climatico, a partire dal 2004 si è rapidamente insediato in quasi tutto il continente europeo. L'impatto di questa specie sulle produzioni agricole può essere considerato a due livelli. Innanzitutto, un danno diretto: sia gli adulti che gli stadi giovanili si nutrono perforando e succhiando una grande varietà di frutti e semi, rendendo i prodotti non commerciabili. Secon-

dariamente, l'alimentazione in prossimità della maturazione dei frutti provoca suberificazioni interne invisibili a occhio nudo che, dai processi di frigoconservazione, possono provocare necrosi in fase di maturazione avanzata. Nel 2019 l'impatto economico sui frutteti (pero, melo, pesco, kiwi) del Nord Italia è stato stimato in 588 milioni di euro. A causa dell'elevato potenziale riproduttivo, dell'elevata mobilità e della polifagia, la gestione di *H. halys* è particolarmente difficile e, il controllo chimico si era rivelato insoddisfacente. Peraltro, l'utilizzo di insetticidi ad ampio spettro ha interferito con i precedenti programmi di gestione integrata dei parassiti (IPM), causando un impatto negativo sull'ambiente e minando la fiducia dei consumatori finali nell'agricoltura (Maistrello et al. 2017). I sistemi attualmente utilizzati per il monitoraggio della cimice asiatica necessitano di personale e costi consistenti. Lo scopo del progetto **HALY.ID** è quindi quello di sviluppare, con l'ausilio di droni e sensori sul campo, un sistema automatizzato di individuazione e analisi delle popolazioni di *H. halys*.



Fig. 2. Droni DJI Matrice 300 e Mini 3 PRO impiegati nel progetto HALY.ID durante attività di monitoraggio (foto di Daniele Giannetti)

Grazie alla tecnologia RTK (Real-Time Kinematics) che consente di posizionare il drone con una precisione al centimetro mediante la connessione e il posizionamento satellitare specifico, il team di **HALY.ID** ha sviluppato una *app* in grado di automatizzare il volo del drone sui campi sperimentali (Betti Sorbelli et al. 2022). Dopo aver simulato una missione e memorizzato i punti di indagine nelle aree sperimentali mediante il sistema di posizionamento GPS, il drone è in grado di alzarsi in volo, compiere la missione e atterrare in modo completamente autonomo, grazie all'attivazione del sistema da un qualsiasi smartphone. Durante la missione, nei punti indicati, il drone è in grado di raccogliere 20 immagini in 2 minuti, coprendo un'area di oltre 2 m di lunghezza e 1 di altezza. Una volta raccolte, le immagini (oltre 200 per campo) verranno analizzate mediante l'ausilio di un sistema di *machine learning* e *image analysis* in grado di riconoscere e stimare il numero di cimici presenti. Attualmente le prime

fasi del progetto sono in fase di conclusione e hanno consentito di automatizzare il volo e raccogliere materiale fotografico utile a sviluppare l'algoritmo di riconoscimento automatico. Lo sviluppo di questo protocollo con l'ausilio di droni consentirà di utilizzare questa tecnologia non solo per il monitoraggio in agroecosistemi per l'individuazione, stima e analisi di popolazione di diverse specie di insetti dannosi alle colture ma potrà essere applicata in futuro anche in ambienti naturali e urbani per lo studio della biodiversità. L'implementazione e il miglioramento dei sistemi di posizionamento satellitare e le soluzioni tecnologiche di volo e manovrabilità renderanno questi velivoli sempre più duttili per potenziali applicazioni in molti settori scientifici nel corso del tempo. Tuttavia, queste applicazioni dovranno essere supportate da specifiche condizioni e garanzie legali che ne semplifichino e standardizzino l'utilizzo da parte dei ricercatori in diversi contesti, a differenza del settore amatoriale.

Bibliografia

- AL-DOSKI, J., MANSOR, S.B., SHAFRI, H. Z.B.M. & ZULHAIDI, H. (2016). Thermal imaging for pests detecting-a review. *International Journal of Agriculture, Forestry and Plantation*, 2, 10-30.
- BETTI SORBELLI, F., CORÒ, F., DAS, K.S., DI BELLA, E., MAISTRELLO, L., PALAZZETTI, L. & PINOTTI, M.C. (2022) A Drone-based Application for Scouting *Halyomorpha halys* Bugs in Orchards with Multifunctional Nets. *PerCom Workshops*: 127-129.
- COLEMAN, D., BENEDICT, M., HIRSHIKESHAVEN, V. & CHOPRA, I. (2017) Development of a robotic hummingbird capable of controlled hover. *Journal of the American Helicopter Society*, 62, 1-9
- FLOREANO, D. & WOOD, R.J. (2015). Science, technology and the future of small autonomous drones. *Nature*, 521(7553), 460-466.
- FULLER, S.B., KARPELSON, M., CENSI, A., MA, K.Y. & WOOD, R.J. (2014). Controlling free flight of a robotic fly using an onboard vision sensor inspired by insect ocelli. *Journal of The Royal Society Interface*, 11(97), 20140281.
- HASSANALIAN, M. & ABDELKEFI, A. (2017). Classifications, applications, and design challenges of drones: A review. *Progress in Aerospace Sciences*, 91, 99-131.
- HONKAVAARA, E., NÄSI, R., OLIVEIRA, R., VILJANEN, N., SUOMALAINEN, J., KHORAMSHAHI, E. & HA-

- ATAJA, L. (2020). Using multitemporal hyper-and multispectral UAV imaging for detecting bark beetle infestation on norway spruce. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLIII-B3.
- JAFFERIS, N.T., HELBLING, E.F., KARPELSON, M. & WOOD R.J. (2019). Untethered flight of an insect-sized flapping-wing microscale aerial vehicle. *Nature* 570, 491–495.
- LIBRÁN-EMBED, F., KLAUS, F., TSCHARNTKE, T. & GRASS, I. (2020). Unmanned aerial vehicles for biodiversity-friendly agricultural landscapes – A systematic review, *Science of the Total Environment*, 732, 139204.
- MAISTRELLO, L., DIOLI, P., DUTTO, M., VOLANI, S., PASQUALI, S. & GILIOLI, G. (2018). Tracking the spread of sneaking aliens by integrating crowdsourcing and spatial modeling: The Italian invasion of *Halyomorpha halys*. *BioScience*, 68, 979–989.
- MAISTRELLO, L., VACCARI, G., CARUSO, S., COSTI, E., BORTOLINI, S., MACAVEL, L., FOCA, G., ULRICI, A., BORTOLOTTI, P.P., NANNINI, R., CASOLI, L., FORNACIARI, M., MAZZOLI, G. L. & DIOLI, P. (2017). Monitoring of the invasive *Halyomorpha halys*, a new key pest of fruit orchards in northern Italy. *Journal of Pest Science*, 90, 1231–1244.
- MOSES-GONZALES, N. & BREWER, M. J. (2021). A Special Collection: Drones to Improve Insect Pest Management. *Journal of Economic Entomology*, 114(5), 1853-1856.
- PAPPALARDO, S.E. & ANDRADE, D. (2022). Drones for Good: UAS Applications in Agroecology and Organic Farming. In: *Drones and Geographical Information Technologies in Agroecology and Organic Farming Contributions to Technological Sovereignty*, CRC Press, 122-148.
- PARK, Y.L., CHO, J.R., LEE, G.S. & SEO, B.Y. (2021). Detection of *Monema flavescens* (Lepidoptera: Limacodidae) cocoons using small unmanned aircraft system. *Journal of Economic Entomology*, 114(5), 1927-1933.
- PHAN, H.V. & PARK, H.C. (2020). Mimicking nature's flyers: a review of insect-inspired flying robots. *Current Opinion in Insect Science*, 42, 70-75.
- RYU, J.H., CLEMENTS, J. & NEUFELD, J. (2022). Low-Cost Live Insect Scouting Drone: iDrone Bee. *Journal of Insect Science*, 22(4), 5.
- SOROKER, V., SUMA, P., LA PERGOLA, A., COHEN, Y., ALCHANATIS, V., GOLOMB, O., et al. (2013). Early detection and monitoring of red palm weevil: Approaches and challenges. *Colloque Méditerranéen Sur Les Ravageurs Des Palmiers*, Nice, France, 16- 18 Janvier 2013.
- STORMS, R.F., CARERE, C., MUSTERS, R.J., VAN GASTEREN, H., VERHULST, S. & HEMELRIJK, C.K. (2022). Deterrence of birds with an artificial predator, the RobotFalcon. *Journal of the Royal Society Interface*, 19(195), 20220497.
- ZHANG, H., WANG, L., TIAN, T. & YIN, J. (2021). A review of unmanned aerial vehicle low altitude remote sensing (UAV-LARS) use in agricultural monitoring in China. *Remote Sensing*, 13(6), 1221.

S O C I E T A'



**ENTOMOLOGICA
I T A L I A N A**