

Studio sulla Situazione dei Chironomidi al Lago Trasimeno e Proposta di Intervento con Sciame di Droni IA

1. Analisi del Problema: I "Moscerini" del Trasimeno

Il Lago Trasimeno è da anni teatro di un'infestazione ciclica e massiccia di **chironomidi**, comunemente noti come moscerini di lago.

[!NOTE] I chironomidi non sono zanzare: non pungono, non si nutrono di sangue e non trasmettono malattie. Sono insetti innocui dal punto di vista sanitario ma estremamente problematici per il loro numero.

Impatto Socio-Economico

Nonostante la loro innocuità, la schiusa simultanea di milioni di esemplari crea sciame densissimi che si concentrano lungo le sponde, attratti dalle fonti luminose. Questo genera:

- Danni al turismo:** Disagio per i turisti, fughe anticipate dai campeggi, annullamento di eventi all'aperto e disdette nelle strutture ricettive.
- Danni alle attività commerciali:** Ristoranti e bar lungo le rive sono spesso costretti a chiudere i battenti anticipatamente, spegnere le luci o lavorare in condizioni quasi impossibili.
- Problemi di vivibilità:** Impossibilità per i residenti di passeggiare sul lungolago o tenere aperte le finestre durante le ore serali nei periodi di massima sfarfallatura.

Le Cause

L'aumento della popolazione di chironomidi è strettamente legato alle condizioni ambientali ed esacerbato dai cambiamenti climatici. In particolare, la siccità e l'abbassamento del livello idrometrico del lago creano l'habitat ideale: acque basse, calde e ricche di nutrienti biologici (eutrofizzazione) favoriscono in modo esponenziale lo sviluppo larvale.

Soluzioni Attuali

Attualmente, le autorità locali (Regione Umbria, USL, Università, Comuni) adottano un approccio integrato di contenimento:

- Trattamenti larvicidi biologici** (*Bacillus thuringiensis var. israelensis*) eseguiti con hovercraft nei fondali bassi.
- Tofolamp:** Lampade attrattive dotate di reti da pesca installate come diversivo luminoso per allontanare gli sciame dai centri abitati.
- Progetto "Isola B"** (operativo dal 2025): Una grande piattaforma galleggiante dotata di pannelli fotovoltaici, posizionata al largo, progettata per attrarre e catturare massicciamente gli insetti lontano dalle rive abitate.
- Luci ambrate:** Raccomandazione ai privati di utilizzare luci gialle o arancioni, che risultano meno attrattive rispetto alla luce bianca fredda.

2. La Nuova Soluzione: "Progetto Predatore Elettronico" (Swarm Robotics)

Per risolvere in modo radicale e definitivo il problema degli sciame adulti che sfuggono inevitabilmente ai trattamenti larvali, proponiamo una soluzione ad altissima tecnologia basata sulla **Swarm Robotics** (Robotica dello Sciame) gestita da un'Intelligenza Artificiale centralizzata e distribuita.

L'idea consiste nello schierare **centinaia di droni autonomi (micro-UAV)** che si comportano esattamente come uno stormo di predatori naturali (come pipistrelli o rondini), ma dotati di armamenti tecnologici progettati per uno sterminio sistematico ed ecologicamente sostenibile.

[!IMPORTANT] L'Intelligenza Artificiale coordinerà i droni in tempo reale per evitare collisioni, massimizzare l'area di copertura e indirizzare gli attacchi in modo chirurgico verso le zone a maggiore densità di insetti, intercettandoli prima che raggiungano la terraferma.

2.1 Sensori e Tracciamento

Ogni drone dello sciame sarà equipaggiato con una suite sensoriale avanzata:

- **Sensori a Infrarossi e micro-LIDAR:** Per rilevare la densità e la posizione delle nubi di moscerini anche in condizioni di totale oscurità.
- **Comunicazione V2V (Vehicle-to-Vehicle):** Una rete mesh a bassa latenza che permette a ogni drone di condividere istantaneamente la posizione degli sciame con il resto della flotta e con il server centrale.

2.2 Modalità di Sterminio "Militare"

Opzione A: "Eliche Tritatutto" (Azione Meccanica Diretta)

I droni sono progettati con eliche intubate (ducted fans) pesantemente modificate e corazzate.

- **Funzionamento:** I droni si gettano direttamente a folle velocità all'interno della nube di moscerini. Le potenti ventole creano un effetto aerodinamico di aspirazione che risucchia gli insetti facendoli passare attraverso le eliche, che fungono da trituratori ad altissimi RPM (giri per minuto).
- **Vantaggio:** Nessun residuo solido ingombrante. I resti organici completamente polverizzati ricadono nel lago fungendo da naturale biomassa per l'ecosistema ittico. Non c'è necessità di svuotare contenitori.

Opzione B: "Reti Elettrificate a Strascico" (Azione di Cattura Dinamica)

I droni lavorano in coppia o in squadre (formazioni tattiche).

- **Funzionamento:** Due droni stendono e tendono tra di loro una leggerissima rete in fibra di carbonio con una micro-maglia debolmente elettrificata (letale solo per insetti e sicura per uccelli e umani).
- **Vantaggio:** Effettuano passaggi radenti volando parallelamente all'acqua, spazzando ampie porzioni d'aria e letteralmente "pescando a strascico" nel cielo, decimando enormi porzioni di sciame in una singola passata.

2.3 Comportamento dell'IA (Predazione Algoritmica Biomimetica)

I droni non si limiteranno a volare casualmente, ma utilizzeranno algoritmi di caccia ispirati alla natura, trasformandosi in predatori apicali cibernetici:

1. **Fase di Pattugliamento (Scouting):** Al calar del sole, droni ricognitori volano sparsi a bassa energia esplorando le aree di schiusa note.
2. **Fase di Avvistamento (Lock-on):** Appena un sensore rileva un picco di densità bio-termica (lo sciame che si alza dall'acqua), l'IA marca il bersaglio e richiama i "cacciatori".
3. **Fase di Attacco Coordinato (Swarming):** Decine o centinaia di droni convergono fulmineamente sull'obiettivo. Adottano tattiche di accerchiamento, confinando la nube di chironomidi e attaccandola

metodicamente dai bordi verso il centro. Formano vere e proprie barriere aeree insormontabili tra l'acqua e i centri illuminati (come Passignano o Castiglione del Lago).

4. **Fase di Ricarica (Pit-stop):** Quando le batterie sono quasi esaurite, i droni tornano autonomamente su piattaforme di ricarica induttiva galleggianti (simili e integrabili con la futura "Isola B") disseminate nel lago, scambiandosi i turni con droni freschi per mantenere una pressione predatoria costante.

2.4 Dimensioni del Fenomeno ed Efficacia dello Sciame (24/7)

Il fenomeno dei chironomidi al Trasimeno raggiunge proporzioni colossali, con sfarfallature che possono contare decine di milioni di individui a sera durante i picchi (maggio-settembre). Un singolo sciame denso può formare "colonne" alte svariati metri lungo la costa.

- **Operatività Continua 24 ore su 24:** A differenza dei trattamenti biologici limitati o delle lampade notturne, il sistema di Swarm Robotics è concepito per operare in cicli continui (24/7). L'alternanza automatica sulle piattaforme di ricarica galleggianti garantisce che vi sia sempre una presenza difensiva attiva in volo.
- **Concentrazione Dinamica sulle Zone d'Interesse:** L'Intelligenza Artificiale non disperde le energie dei droni nel centro del bacino. Al contrario, grazie ai sensori, l'IA mappa in tempo reale il movimento degli sciami e concentra la flotta esclusivamente a difesa delle zone ad alto valore turistico e abitativo (lungolaghi di Passignano, Castiglione del Lago, San Feliciano, ecc.), creando un vero e proprio "scudo aereo" dinamico.
- **Stime di Distruzione (Calcolo Fluidodinamico):** I droni (con area spazzata di 0.03m^2 e velocità di 10m/s) filtrano 0.3m^3 d'aria al secondo. In uno sciame estremo (3.000 insetti/ m^3), **un singolo drone abbatte 900 moscerini al secondo (54.000 al minuto)**. Una flotta di soli 25 droni operativi neutralizza **13,5 MILIONI di moscerini ogni 10 minuti di volo**.
- **Gestione della Biomassa e Anti-Jamming:** L'impatto di 540.000 moscerini in 10 minuti genera $\sim 810\text{g}$ di biomassa liquida. Le eliche sono trattate con nanocoating in Teflon/Ceramica: a 10.000 RPM la forza centrifuga nebulizza il 98% dei residui. Il limite di stallo aerodinamico per sbilanciamento (15-20 grammi) viene raggiunto solo dopo circa 12 minuti di missione estrema, dettando le tempistiche per i rientri ai Pit-Stop autopulenti immersi in alcool isopropilico.

2.5 Spettacoli Luminosi e Valore Turistico Aggiunto (Dual-Use)

Oltre alla funzione di contenimento ambientale, lo sciame costituisce un potenziale strumento di intrattenimento visivo (Drone Light Shows). Essendo già dotati di posizionamento spaziale millimetrico e LED ad alta visibilità (necessari per le comunicazioni ottiche e la sicurezza), i droni possono sospendere temporaneamente la "caccia" a orari prestabiliti per trasformarsi in attori.

- **Coreografie Serali:** Ogni sera, ad esempio alle 22:00, i droni in volo si uniscono nel cielo per 5 minuti, creando spettacolari coreografie luminose, messaggi o figure legate all'ecosistema del lago.
- **Ritorno Economico e Marketing:** Questa funzione "Dual-Use" trasforma un costo di disinfestazione in un enorme **asset turistico**. Le persone affolleranno le sponde e i tavoli dei locali all'aperto non solo perché liberati dall'incubo dei moscerini, ma anche per assistere agli spettacoli aerei gratuiti, aumentando vertiginosamente il valore dell'offerta ricettiva locale.

[!TIP] Oltre a risolvere un'emergenza decennale, il "Progetto Predatore Elettronico" (unito agli spettacoli luminosi) trasformerebbe il Trasimeno non solo in un polo sperimentale per scienziati e ingegneri, ma in una vera e propria attrazione turistica hi-tech di livello internazionale.

3. Preventivo di Spesa (Progetto Pilota)

L'implementazione di questo sistema richiede un investimento iniziale per la progettazione, lo sviluppo software dell'IA e la costruzione hardware del primo sciame operativo. Di seguito una stima realistica per un

progetto pilota comprendente una flotta di 100 droni.

Voce di Spesa	Descrizione	Costo Stimato (€)
Flotta Droni (Hardware)	100 micro-UAV personalizzati (eliche intubate/reti, scocche resistenti all'acqua)	60.000 - 85.000
Suite Sensoriale	Sensori micro-LIDAR, IR e moduli V2V per l'intera flotta	25.000
Infrastruttura di Ricarica	5 piattaforme galleggianti (Pit-stops) a ricarica induttiva	20.000
Sviluppo Software e IA	Creazione algoritmi biomimetici, server centrale e reti neurali di coordinamento	80.000 - 110.000
Infrastruttura Edge Computing	Server locali per elaborazione dati a bassa latenza e telemetria	15.000
Operatività e Manutenzione	Test sul campo, certificazioni di volo, manutenzione per il 1° anno	35.000
Totale Stimato	Progetto Pilota (Chiavi in mano)	235.000 - 290.000 €

Chi Siamo: La Nostra Startup Innovativa

[[IMPORTANT] Siamo una Startup Innovativa specializzata in Robotica di Sciame (Swarm Robotics) e IA. Il nostro team possiede tutte le competenze ingegneristiche e informatiche necessarie per occuparsi dello sviluppo completo: dalla scrittura del software di intelligenza artificiale (algoritmi di Swarm Intelligence e computer vision) fino all'integrazione hardware sui velivoli. Possiamo fornire la soluzione "chiavi in mano", dalla fase di simulazione in laboratorio al deployment dello sciame sul Trasimeno, posizionando il territorio come leader europeo nell'innovazione tecnologica.

4. Business Case B2B: Il "Piano B" per le Strutture Private

Qualora le istituzioni pubbliche non aderissero al progetto su larga scala, la natura modulare della Swarm Robotics permette di offrire lo "Scudo Aereo" come servizio privato (RaaS - Robotics as a Service) alle grandi strutture turistiche che subiscono ingenti danni economici diretti (disdette, chiusura anticipata dei ristoranti).

Caso Reale: Badiaccia Camping Village (Castiglione del Lago)

Il Badiaccia è uno dei complessi turistici storici e più grandi della zona, situato direttamente sulle sponde del Trasimeno.

- **Estensione Fronte Lago:** Circa 250 - 300 metri lineari di costa esposta.
- **Fabbisogno Droni:** Considerando che in volo radente un singolo drone copre efficacemente un diametro d'azione di circa 10 metri, per creare una barriera ininterrotta su 250 metri servono circa 25 droni attivi in contemporanea sulla linea di costa.
- **Ridondanza (Turnazione):** Per garantire la protezione assoluta durante le 4-5 ore critiche del tramonto e della sera (applicando il turnover per la ricarica rapida), lo sciame dedicato al campeggio

deve contare in totale **75 micro-droni** (1/3 sulla linea di difesa, 1/3 in ricarica induttiva, 1/3 di riserva pronto a ingaggiare ondate anomale).

Preventivo di Spesa B2B (Modello "Robot as a Service")

Un cliente privato non acquisterebbe l'infrastruttura, ma sottoscriverebbe un abbonamento stagionale.

Voce	Descrizione	Costo Stimato (€)
Costo Setup (Una tantum)	Installazione di 3 Pit-stop, calibrazione IA e mappatura 3D dei 250m di costa del Badiaccia	15.000
Canone Stagionale RaaS	Fornitura di 75 droni, elaborazione IA in edge e assistenza per la stagione estiva (maggio-settembre)	40.000
Costo Totale 1° Anno		55.000 €
Costi Anni Successivi	Solo canone operativo stagionale	40.000 €

[!NOTE] Ritorno sull'Investimento (ROI): Un grande campeggio può perdere facilmente da 80.000 a 100.000 € in una singola estate critica a causa di fughe anticipate dei turisti, crolli di incassi nei ristoranti interni e recensioni negative. Un canone stagionale di 40.000 € per garantire l'unica oasi "Midge-Free" del Trasimeno si ripaga da solo in poche settimane, garantendo un enorme vantaggio di marketing sulla concorrenza.