

IA per la valutazione dei rischi dell'uso di Piante Geneticamente Modificate* e per la Gestione Integrata degli Insetticidi†

Francesco Camastra, Angelo Ciaramella, Antonino Staiano

1. CVPRLab - Dipartimento di Scienze e Tecnologie, Università di Napoli Parthenope
{francesco.camastra,angelo.ciaramella,antonino.staiano}@uniparthenope.it

Abstract

L'impiego di tecniche di *Intelligenza Artificiale* in agricoltura può portare notevoli benefici nell'affrontare problematiche diverse ma che hanno lo stesso importante impatto sulla salute umana ed animale, nonché sulla salvaguardia della natura e della biodiversità. E' il caso, ad esempio, del processo di valutazione del rischio ambientale, denominato ERA, causato dal rilascio deliberato di Piante Geneticamente Modificate nelle coltivazioni. Il processo di ERA è complesso, comportando l'analisi di una grande varietà di informazioni, manuale e soggettivo in quanto eseguito da esperti del settore, sulla base della propria esperienza. Degna di nota, inoltre, è la valutazione dell'impatto dei pesticidi di nuova generazione su popolazioni di insetti target. La Comunità Europea è particolarmente sensibile sui due temi, avendo opportunamente legiferato in materia ed auspicando l'adozione di tecniche che possano supportare tali attività. A tale riguardo presentiamo, per ciascun ambito, due proposte basate rispettivamente sull'impiego di un sistema inferenziale Fuzzy per guidare il processo ERA, e l'impiego di algoritmi evolutivi per determinare l'impatto di un insetticida di ultima generazione su una popolazione di Afide verde della pesca.

1 Introduzione

Lo sviluppo dell'ingegneria genetica ha prodotto un crescente numero di Piante Geneticamente Modificate (PGM). Riguardo il possibile impiego delle PGM in agricoltura, la Comunità Europea (CE) attua politiche discordanti, infatti, mentre è consentita la commercializzazione di alimenti e mangimi contenenti o costituiti da PGM, la coltivazione di nuove colture geneticamente modificate è generalmente proibita. Il vecchio quadro legislativo della CE, attualmente consente la coltivazione del solo mais *MON 810* (in Repubblica Ceca,

*In collaborazione con Istituto Superiore Protezione e Ricerca Ambientale - Roma

†In collaborazione con Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari Università degli Studi di Bologna

Polonia, Spagna, Portogallo, Romania e Slovacchia). La CE disciplina il rilascio nell'ambiente di PGM con la direttiva *2001/18/CE* e il regolamento *1829/2003/CE*. La direttiva si riferisce all'emissione deliberata nell'ambiente delle PMG ed espone due regimi, per l'immissione sul mercato e per l'emissione deliberata per qualsiasi altro scopo, cioè prove sul campo [Sorlini e et al., 2013]. In entrambe le legislazioni, il soggetto che richiede l'immissione nell'ambiente di PGM deve eseguirne una "valutazione dei rischi diretti o indiretti, immediati o futuri, per la salute degli esseri umani e per l'ambiente, che l'emissione deliberata o l'immissione sul mercato di PGM può comportare" (ERA) [Camastra e et al., 2014]. L'ERA dovrebbe essere effettuata caso per caso, il che significa che le relative conclusioni possono dipendere dalle PGM e dalle caratteristiche considerate, dall'uso che se ne vuol fare e dai potenziali ambienti ricettivi. L'intero processo ERA deve portare all'identificazione e alla valutazione dei potenziali effetti negativi delle PGM e, allo stesso tempo, stabilire l'eventuale necessità della gestione del rischio ponendo altresì le basi per opportuni piani di monitoraggio. Il processo ERA è complesso; comporta la presa in esame di un'elevata quantità di informazioni, spesso incomplete ed imprecise, ed è generalmente condotto manualmente da esperti sulla base delle proprie conoscenze ed esperienze personali. La nuova direttiva della CE [EuropeanParliament, 2009], sulla gestione integrata dei pesticidi, impone, agli stati membri, strategie di controllo dei pesticidi efficienti ed elementi agro-chimici che abbiano preferibilmente un ridotto impatto negativo sull'ambiente, con un utilizzo ed una protezione ottimali della biodiversità. A tale scopo, sono di particolare utilità studi della dinamica della popolazione di insetti basati su modelli matriciali [Caswel, 2001] per inferire, a partire dalle osservazioni sulla popolazione (numerosità in diversi stadi vitali), i tassi di natalità, mortalità e di sviluppo che determinano quella dinamica. Tale problema è noto come *problema inverso* e la soluzione con tecniche classiche spesso determina stime inaccurate.

2 Sistema decisionale di supporto all'ERA

Per coadiuvare l'intero processo ERA, è stato sviluppato con ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) un sistema di supporto alle decisioni basato su un sistema inferenziale Fuzzy. La base di partenza è rappresentata da uno schema concettuale, Figura 1, mediante il quale

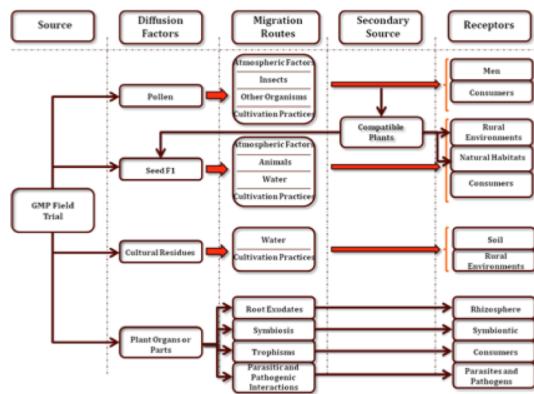


Figura 1: Modello concettuale.

si identificano i possibili percorsi che, da un rischio potenziale, arrivano ad uno o più recettori, mediante un insieme prestabilito di vie di migrazione. I percorsi sono guidati da un insieme di domande formulate con apposite schede. Poiché le domande hanno un carattere fortemente soggettivo e dunque una valenza generale limitata, l'adozione di un modello di ragionamento approssimato di tipo Fuzzy è particolarmente indicata. Sulla base di tale modello la conoscenza è formalizzata in termini di regole *IF - THEN*, le quali rappresentano le domande derivate dal modello concettuale in termini di insiemi fuzzy. L'insieme di tali regole permette di rappresentare i percorsi da un rischio potenziale al recettore, e dunque all'impatto individuato, mediante una misura quantitativa dell'impatto stesso, permettendo in questo modo all'esperto di dominio di prendere decisioni sulla gestione del rischio corrispondente. Ogni singola risposta ad una domanda è descritta da un "grado" di appartenenza ad un certo insieme. Sulla base del grado di appartenenza delle singole risposte si può usare il ragionamento approssimato per inferire nuove domande e quindi scegliere diversi percorsi. Il motore inferenziale combina gli insiemi fuzzy associati alle domande e le risposte con operatori matematici di aggregazione). Il motore inferenziale è di tipo *Mamdani*. L'intero sistema è stato sviluppato come applicazione web [Camastra et al., 2014].

3 Effetti della Laminarina su *Myzus persicae*

Lo studio, condotto con il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari dell'Università di Bologna, è finalizzato all'analisi delle potenziali risposte della Laminarina, sostanza considerata un induttore di resistenza verso patogeni, sulla riproduzione del *Myzus persicae* o Afide verde della pesca, e sui relativi parametri demografici. L'ipotesi da verificare è il potenziale cambiamento dei tassi riproduttivi dell'afide, in risposta a possibili cambiamenti fisiologici di piante somministrate con Laminarina. Allo scopo, è stato predisposto un esperimento per determinare delle serie temporali che individuano lo sviluppo numerico della popolazione dell'afide in ciascuna tesi (piante di pesco trattate con Laminarina in due dosaggi diversi e acqua). Il modello demografico utilizzato è un modello di popolazione strutturato basato su stadi. I pa-

rametri demografici sono stati stimati utilizzando un metodo inverso di stima che si avvale delle serie temporali (numero medio di stadi giovanili e adulti presenti in ciascuna tesi nei corrispondenti intervalli campionati) ottenute durante i rilievi. Dato il vettore $\mathbf{n}(t) = [n_1 n_2 n_3]^T$ della popolazione osservata al tempo t , $\mathbf{n}(t)$, costituito dal numero di Afidi in ciascuno di tre stadi (larve piccole, larve grandi e adulti), è possibile ricavare la popolazione al tempo $t + 1$ mediante:

$$\begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \end{bmatrix} (t + 1) = \begin{bmatrix} P_1 & 0 & F_3 \\ G_1 & P_2 & 0 \\ 0 & G_2 & P_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \end{bmatrix} (t). \quad (1)$$

I parametri della matrice, denominata *matrice di proiezione*, rappresentano: G_1 prob. di sopravvivenza delle larve piccole e passaggio agli stadi successivi; G_2 prob. di sopravvivenza delle larve grandi e passaggio allo stato adulto; P_1 prob. di sopravvivenza delle larve piccole e permanenza nello stadio; P_2 prob. di sopravvivenza delle larve grandi e permanenza nello stadio; P_3 prob. di sopravvivenza degli adulti e permanenza nello stadio; F_3 fecondità degli adulti. Per definizione di ciascun parametro, le entrate della matrice sono soggette ai seguenti vincoli: $0 \leq P_i \leq 1$; $G_i \geq 0$; $P_i + G_i \leq 1$; $F_i \geq 0$. L'obiettivo è determinare l'insieme di parametri, cioè la matrice di proiezione, che riduce al minimo il residuo tra i dati raccolti, ovvero le serie temporali costituite dai vettori dello stato della popolazione di afidi nei tre stadi $\mathbf{n}(t)$, negli istanti di campionamento, e l'output del modello 1. Allo scopo, è stato predisposto un Algoritmo genetico (AG) nel quale la popolazione delle soluzioni è costituita da un insieme di matrici di proiezione candidate. Ciascun individuo della popolazione è rappresentato come una stringa di numeri reali di lunghezza 6, corrispondenti alle entrate non zero della matrice di proiezione, P_1, P_2, P_3, G_1, G_2 e F_3 . Inoltre, ciascuna stringa è soggetta ai vincoli mostrati in precedenza. La funzione di fitness è definita come: $Fitness = \sum_{t=1}^6 \sum_{i=1}^3 |n_{it} - \hat{n}_{it}|$, dove $\mathbf{n}(t) = [n_1 n_2 n_3]^T$, con $t = 1, \dots, 6$, è il vettore delle popolazioni di afidi, nei tre stadi, osservate nei t giorni di campionamento sulle piante di pesco, mentre $\hat{\mathbf{n}}(t) = [\hat{n}_1 \hat{n}_2 \hat{n}_3]^T$, è il vettore delle popolazioni di afidi, nei tre stadi, predette attraverso il modello 1.

Riferimenti bibliografici

- [Camastra et al., 2014] Camastra et al. Tera: a tool for the environmental risk assessment of genetically modified plants. *Ecological Informatics*, 24:186–193, 2014.
- [Caswel, 2001] H. Caswel. *Matrix Models: Construction, Analysis and Interpretation - Construction, Analysis, and Interpretation*. Sinauer Associates, 2nd edition, 2001.
- [EuropeanParliament, 2009] EuropeanParliament. Directive 2009/128/ec. Official Journal of the European Union, 2009.
- [Sorlini et al., 2013] C. Sorlini et al. La valutazione del rischio ambientale dell'immissione deliberata nell'ambiente di organismi geneticamente modificati. Rapporto Tecnico. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, 2013.