

Matematica e DSS: perché la ricerca è importante

Luca Rossini

Service d'Automatique et d'Analyse des Systèmes

Université libre de Bruxelles - ULB

Digitalizzazione e sostenibilità nella difesa delle piante da frutto

5 Dicembre 2023

luca.rossini@ulb.be



ECOLE
POLYTECHNIQUE
DE BRUXELLES



L'agricoltura del futuro

L'agricoltura è sempre stata promotrice di innovazione.

Oggi è fondamentale **ridurre gli input**:

- Sostenibilità economica
- Sostenibilità ambientale
- Rientra negli obiettivi dell'Agenda 2030 dell'EU

Cambiano le pratiche agronomiche con le **nuove tecnologie**:

- Sensori e IoT
- Automazione
- Sistemi di supporto alle decisioni - DSS

La ricerca scientifica è un aspetto fondamentale!

Riduzione degli input = risparmio

Per ridurre gli input cosa possiamo fare?



Fornirli solo dove e quando servono!

Per risolvere i problemi agronomici e fitosanitari dobbiamo:

- Monitorare
- Prevedere
- Mettere insieme le informazioni e prendere una decisione

La tecnologia ci aiuta ad abbattere i costi

Monitoraggio e previsione: definizioni utili

Una differenza concettuale molto importante:

Monitoraggio:

«Fotografia» della situazione del nostro campo dal «tempo zero» ad oggi.

Previsione:

«Proiezione» della situazione futura del nostro campo.

Consideriamo il caso degli **insetti fitofagi**:

- Il monitoraggio «classico» è una pratica comune e costosa!
- La previsione è possibile se si hanno strumenti aggiuntivi

Le previsioni sono possibili attraverso i modelli matematici

Modelli matematici: il cuore dei DSS

I modelli matematici:

- Sono una *rappresentazione fedele e semplificata della realtà*
- Descrivono la dinamica di popolazione dei fitofagi
- Hanno in *input* parametri ambientali e biologici della specie
- Forniscono delle *stime* future

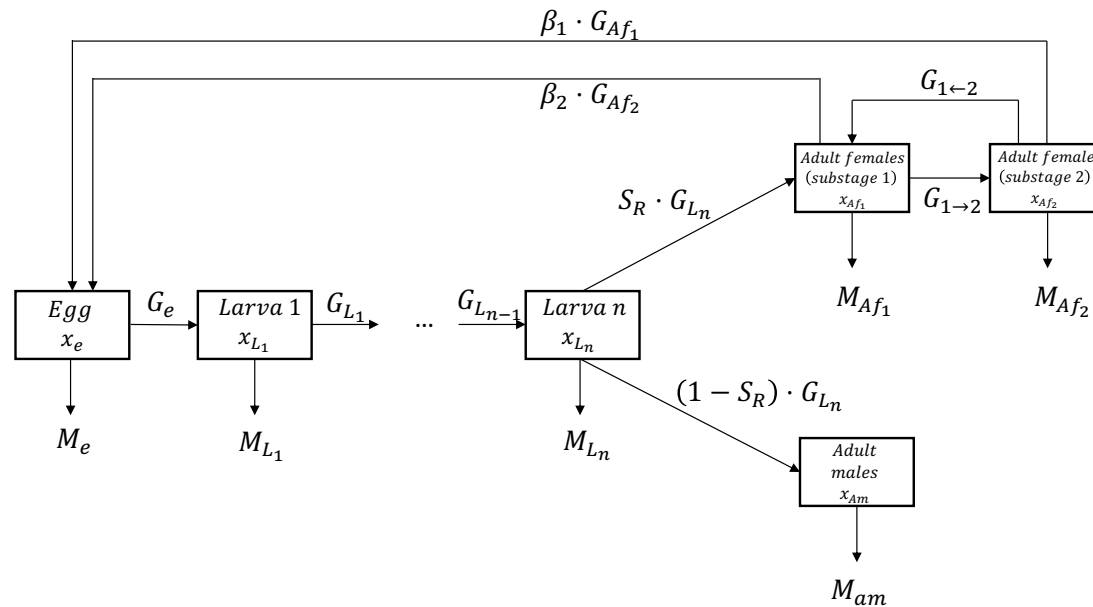
I modelli matematici sono il frutto della **ricerca scientifica**

Come *nasce* un **modello matematico** che descrive **insetti fitofagi**:

- **Osservazione** – Conoscenza del ciclo biologico
- **Stima dei parametri** – Esperimenti in laboratorio
- **Validazione** – Test in serra o in campo
- **Affinamento** – Piccole modifiche dei parametri se necessario

Un insetto, ma in chiave matematica

Come un modello «vede» il ciclo biologico di un insetto



Ogni «scatola» è descritta da una **equazione**.

Ogni equazione è alimentata da **parametri misurati in campo**.

La **soluzione** è la **dinamica di popolazione** di ogni stadio.

Il ruolo della ricerca nello sviluppo dei DSS

Come contribuisce la ricerca nella fase di sviluppo dei modelli?

Fase 1 - Studio della **biologia** dei fitofagi:

- Da **quanti stadi** è composto il ciclo biologico?
- Quali sono le **fasi più suscettibili**?
- Qual è l'effetto dei parametri ambientali?
- Che interazioni trofiche ha la specie?

A queste domande si può **rispondere con esperimenti**:

- In laboratorio, condizioni totalmente controllate
- In serra, condizioni semi-controllate
- In pieno campo, condizioni naturali

Otteniamo così ciò che serve per formulare e *nutrire* il modello.

Il ruolo della ricerca nello sviluppo dei DSS

Come contribuisce la ricerca nella fase di sviluppo dei modelli?

Fase 2 – Traduzione matematica:

- Quali sono i fattori guida da considerare nel modello?
- Qual è la forma matematica più idonea?
- Come trovo le soluzioni delle equazioni?

A queste domande si può **rispondere**:

- Con *carta e penna*, matematica pura
- Con l'uso dell'informatica, calcoli
- **Con l'utilizzo dei dati esistenti**

Otteniamo così un modello pronto per il test.

N.B: la condivisione dei dati è alla base del progresso scientifico!

Il ruolo della ricerca nello sviluppo dei DSS

Come contribuisce la ricerca nella fase di sviluppo dei modelli?

Fase 3 – Validazione e affinamento:

- Il mio modello **describe** bene la realtà?
- Quali sono i parametri che vanno affinati?
- Come è l'andamento delle popolazioni nei vari stadi?

A queste domande si può **rispondere con esperimenti**:

- In serra, condizioni semi-controllate
- In pieno campo, condizioni naturali

Otteniamo così un modello *descrittivo* del ciclo biologico.

Come passiamo alle previsioni?

Dalla descrizione alla previsione

Perché i dati e i monitoraggi accurati sono importanti?

Riprendiamo due concetti:

Monitoraggio:

«Fotografia» della situazione del nostro campo dal «tempo zero» ad oggi.

Descrizione:

Un modello validato descrive la biologia della specie in esame.

Previsione:

«Proiezione» della situazione futura del nostro campo.

E se i monitoraggi diventassero parte attiva del modello?

Dalla descrizione alla previsione: PestFinder

«Correggere» le stime dei modelli con i dati dei monitoraggi è l'idea alla base del progetto *PestFinder*



Research Fellow: Dr. Luca Rossini

Progetto: Model-based estimation and control of agricultural infestation through abiotic changes.

Grant: 101102281

Tipo: Marie Skłodowska Curie actions – Postdoctoral fellowship

Istituzione: Université libre de Bruxelles

Supervisor: Prof. Emanuele Garone

Dalla descrizione alla previsione: PestFinder

«L'intuizione» alla base di PestFinder:

Un modello, per
definizione,
semplifica la realtà

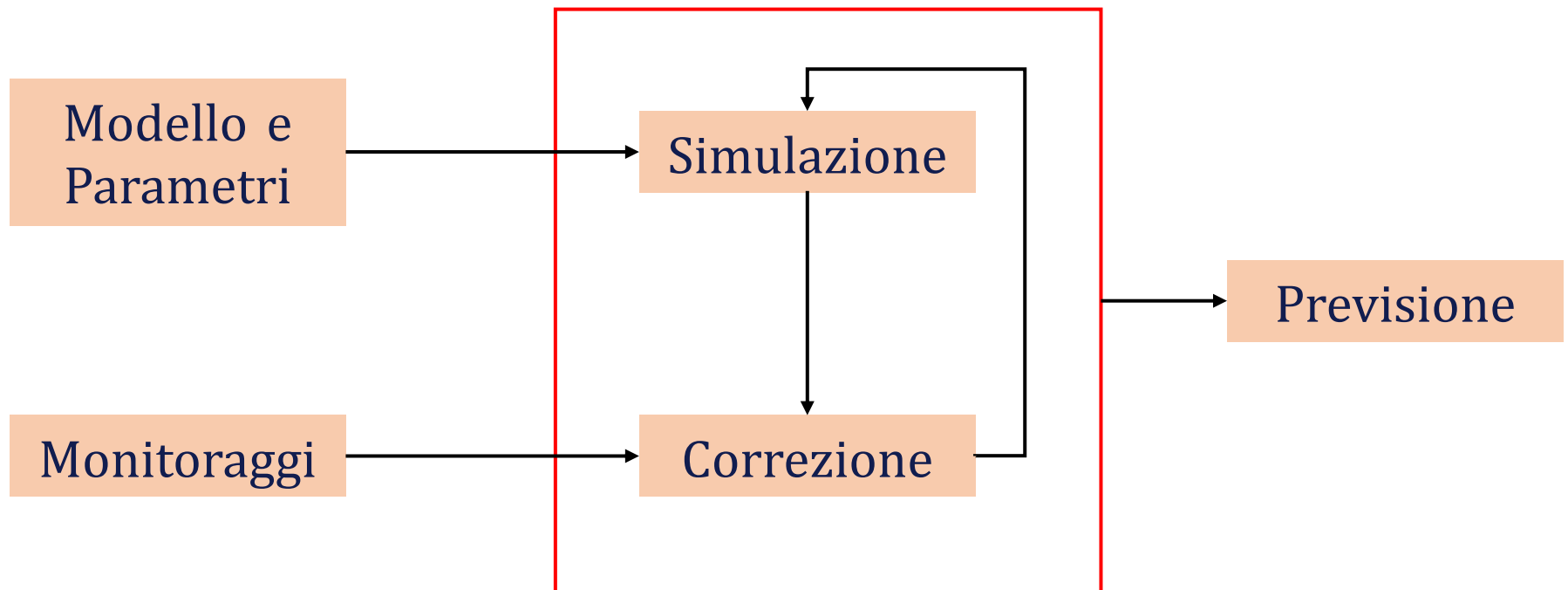
I monitoraggi sono
misure, quindi
affette da errore

Posso però combinare le
due fonti di informazione
per aumentare la
precisione!

Dalla descrizione alla previsione: PestFinder

Come?

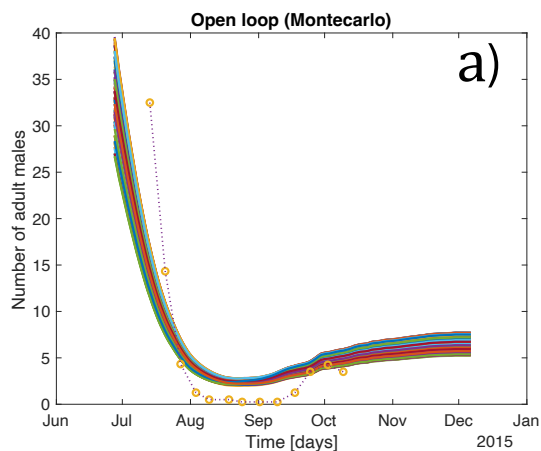
Seguendo questo processo logico:



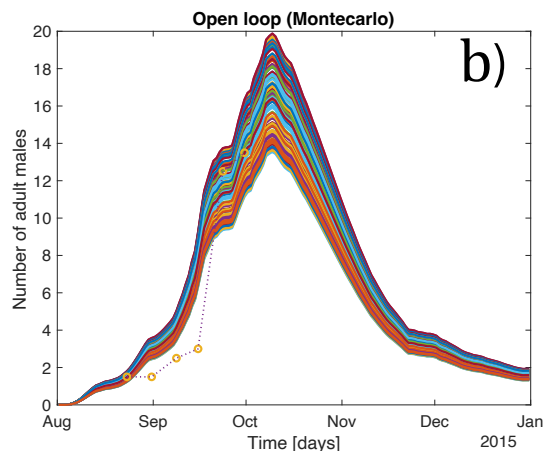
Caso studio 1: *Bactrocera oleae*

Questo metodo funziona!

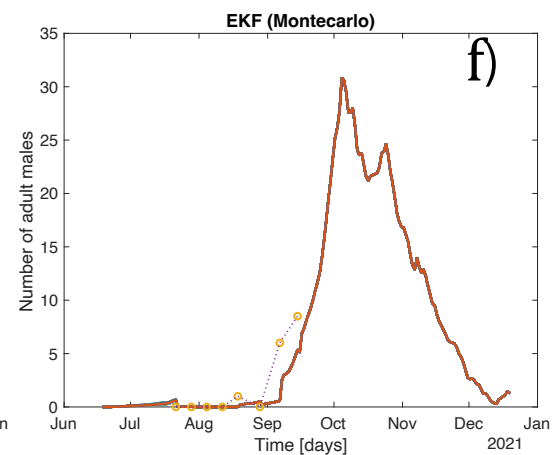
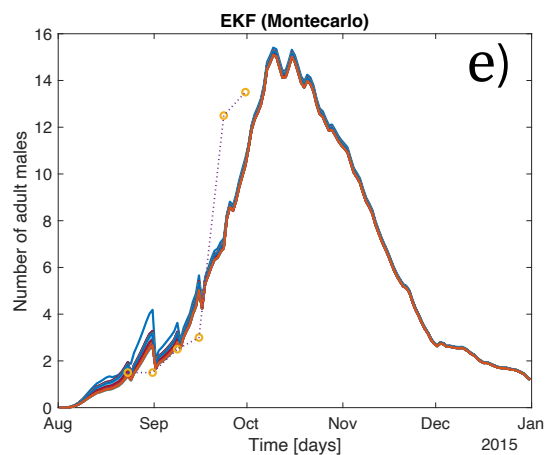
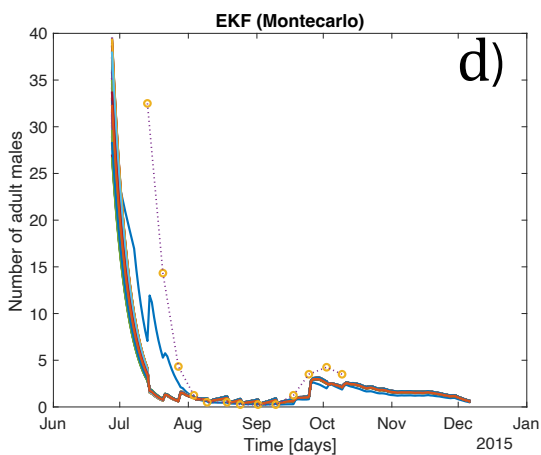
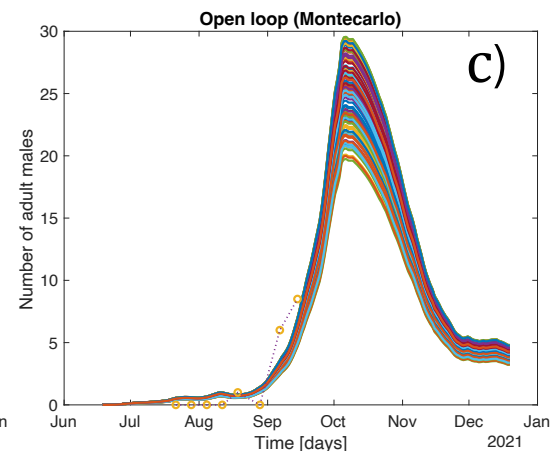
Fara Sabina 2015



ML. Sabino 2015

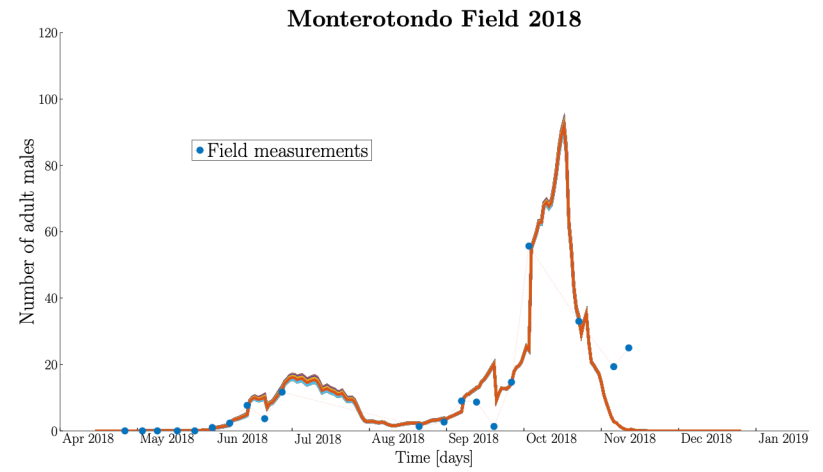
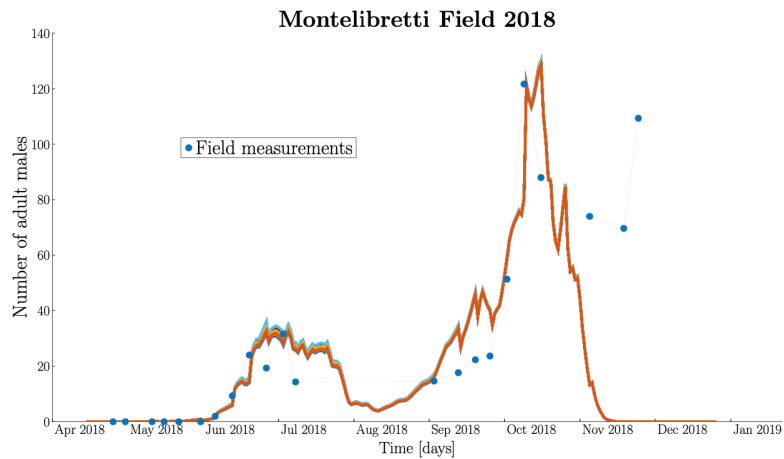
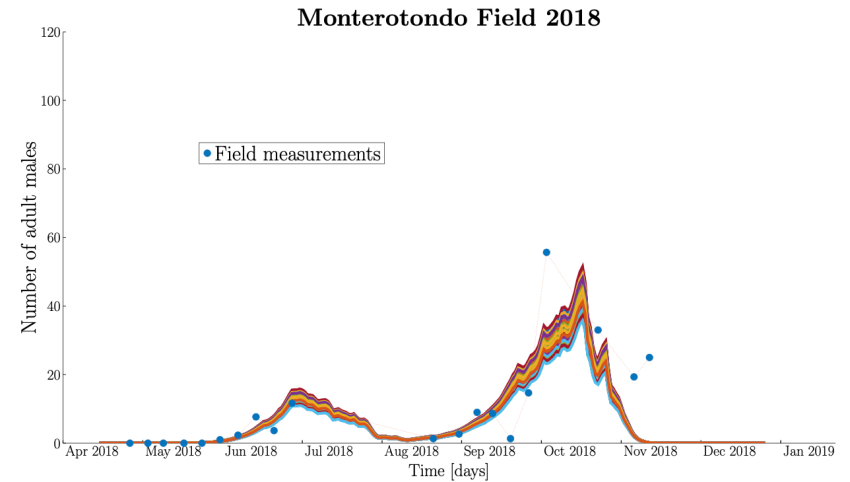
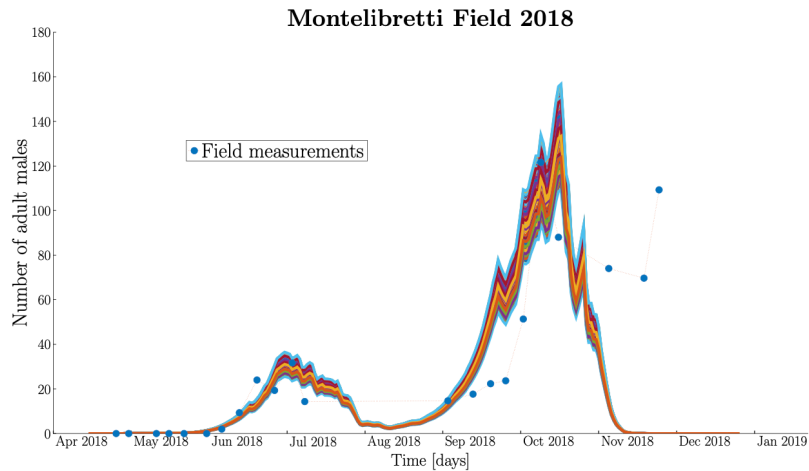


Fara Sabina 2021



Caso studio 2: *Drosophila suzukii*

Questo metodo funziona!



Prospettive future

Si può automatizzare il processo?

- **Si!** Attraverso l'utilizzo di trappole automatizzate
- Acquisendo i dati con stazioni meteo

È importante acquisire i dati regolarmente?

- **Si!** Più dati fornisco, più la previsione è precisa

Il modello mi dirà quando trattare?

- **No!!** Il modello fornisce una stima, ma sta a noi decidere!

I produttori possono supportare la ricerca in qualche modo?

- **Si!** La condivisione dei dati è fondamentale per la ricerca!

Grazie per l'attenzione!