

LA MODELLAZIONE MATEMATICA DEGLI AGROECOSISTEMI

Mathematical modelling of agro-ecosystems

Vittorio Marletto

ARPA Emilia-Romagna, Servizio Meteorologico Regionale

Email: v.marletto@smr.arpa.emr.it

Riassunto

Vengono di seguito presentate una serie di definizioni relative agli agroecosistemi e ai modelli matematici. Si propongono quindi alcuni possibili campi di applicazione della modellistica matematica in questo settore con esempi tratti da Internet. In particolare vengono esaminate le situazioni degli Stati Uniti e dell'Italia, con particolare riferimento a quanto prodotto dai servizi agrometeorologici.

Abstract

A number of definitions relating to agroecosystems and to mathematical models are presented in the following. Possible application fields of mathematical models in this subject area are proposed, with some examples taken from the Internet. In particular the situations of United States and Italy are examined with particular reference to Italian agrometeorological services.

Introduzione

Per cominciare ritengo conveniente fornire alcune definizioni, che non hanno alcuna pretesa di essere le uniche possibili. Per ECOLOGIA intendo qui lo “studio scientifico delle interazioni che determinano la distribuzione e l’abbondanza degli organismi” mentre per ECOSISTEMA intendo il “sistema funzionale di relazioni complementari tra organismi viventi e l’ambiente”. L’AGROECOSISTEMA è invece un “ecosistema manipolato ed alterato dall’uomo allo scopo di introdurre e stabilire la produzione agricola”.

Il MODELLO MATEMATICO può invece essere inteso come una “schematizzazione matematica delle relazioni e dei flussi tra i componenti di un sistema, costruita allo scopo di prevederne l’evoluzione a partire da specifiche condizioni iniziali e al contorno”.

ricercatore.

La costruzione di modelli può essere per comodità suddivisa in fasi:

- FASE CONCETTUALE, consistente nella fissazione degli obiettivi, dei limiti del sistema da modellare, nell'astrazione dei flussi in variabili;
- FASE COSTRUTTIVA, che prevede la quantificazione (sulla base di informazioni desunte dalla letteratura scientifica e dagli esperimenti), la redazione degli algoritmi e le verifiche logiche. Segue infine una
- FASE APPLICATIVA comprensiva di calibrazione, convalida sperimentale, analisi di sensibilità, semplificazione e applicazione pratica.

Modelli di agroecosistemi

I modelli di agroecosistemi debbono necessariamente riflettere la ricchezza di sfaccettature che presentano gli agroecosistemi stessi. E' molto difficile che i modelli disponibili possano soddisfare questa esigenza. Necessariamente i modelli in circolazione si concentrano su aspetti specifici quali ad esempio l'evoluzione della sostanza organica nei suoli, oppure l'interazione tra il bestiame e le condizioni del pascolo o ancora l'impatto dell'introduzione di insetti utili nel campo coltivato e le dinamiche preda-predatore che ne scaturiscono. Perché usare operativamente i modelli di simulazione degli agroecosistemi? L'applicazione di modelli matematici agli agroecosistemi può svolgere funzioni sia diagnostiche che prognostiche. La diagnosi delle condizioni in cui si trova un ecosistema agricolo può consistere nella valutazione della sostenibilità delle produzioni in corso, se cioè ad esempio il suolo del sistema agricolo in esame non stia perdendo suoli fertili ad un tasso tale da comprometterne l'uso futuro. La prognosi può invece essere necessaria per stabilire l'eventuale sostenibilità dell'agroecosistema sotto la pressione di mutamenti globali, per esempio relativi al clima. Tecniche di conservazione del suolo adatte a garantire la sostenibilità nelle condizioni presenti potrebbero rivelarsi inadeguate all'aumentare della variabilità del clima, per esempio in caso di aumento di precipitazioni intense e localizzate.

L'uso di modelli può dunque risultare essenziale per favorire l'introduzione di (e l'assistenza tecnica alle) metodologie sostenibili di gestione del campo coltivato e/o dell'agroambiente.

Come esempio potremmo prendere il caso dei parchi, nei quali l'attività produttiva non è proibita ma deve rispettare i paradigmi dell'agricoltura biologica: il modello potrebbe in questo caso aiutare i gestori del parco a comprendere l'impatto sul parco stesso delle attività di produzione biologica che vi si svolgono e agevolare la presa di decisioni in merito all'espansione o contrazione delle attività agricole stesse.

Il monitoraggio delle condizioni fisiche, chimiche e biologiche dell'ecosistema risulta comunque essenziale anche solo per cominciare a parlare di modelli e, anche nel caso in cui il modello non fosse facilmente realizzabile, il monitoraggio costituirebbe un'utilissima base di dati aggiornata sulle condizioni climatiche, idrologiche, pedologiche e biologiche del sistema da studiare. Per avere un'idea di come si può monitorare un ecosistema, e di quanto il monitoraggio sia complesso, si consulti per esempio Benincasa et al. 1999.

Modelli di agroecosistemi e Internet

Sul motore di ricerca Google.com (l'ultimo grido in fatto di potenza ed efficacia per le ricerche in Internet) l'espressione "modeling agroecosystems" apre la strada a numerosi collegamenti (mille e quaranta per la precisione). Da una prima scorsa ci accorgiamo che negli Usa la "Modellazione degli agroecosistemi" è vera e propria materia d'insegnamento universitario. Per esempio l'università del Nord Dakota (<http://www.ndsu.nodak.edu/instruct/biondini/ars326/ars326s.htm>) consente ai propri studenti di modellistica di scaricare file con i compiti a casa e file che contengono i modelli da usare per gli esercizi. L'esercizio 2 per esempio dice: "Costruite un modello di crescita della popolazione in un habitat espansivo nel quale la capacità di carico della popolazione sia una funzione della densità di popolazione", seguono le equazioni da usare e una traccia per lo svolgimento.

La materia è trattata anche nel corso di lotta integrata (IPM) organizzato presso l'università del Kentucky, dal cui sito si entra in contatto con una ricca quantità di altro materiale per la modellistica in campo agricolo (http://www.uky.edu/Ag/Agro-nomy/SoilPhysics/labex/cxtfit/cxtfit_lab.htm).

E in Italia? Il modello matematico in agricoltura sicuramente non è più un tabù, dato che per esempio a Milano viene menzionato in alcuni insegnamenti del corso di laurea in Scienze e Tecnologie Agrarie (v. la pagina http://studenti.unimi.it/cdl/scagr/-scagr.doc_cvt02.htm). Anzi possiamo dire che alcuni sforzi encomiabili, quali quelli di Danuso a Udine o di Donatelli a Bologna stanno ponendo la capacità modellistica della ricerca italiana all'avanguardia anche rispetto ad altri paesi avanzati.

In effetti Donatelli dal suo sito <http://www.inea.it/isci/mdon/software/software.htm>, oltre ad offrire la connessione al modello di sistemi culturali CropSyst (Van Evert e Campbell, 1994) consente di scaricare modelli per lo studio e la stima di fattori importanti dell'ecosistema quali la radiazione solare e i parametri fisici dei suoli, mentre Danuso propone addirittura un nuovo linguaggio di programmazione non procedurale per scrivere modelli matematici (manuale e linguaggio accessibili dalla pagina web <http://www.dpvta.uniud.it/Semola/Homep.htm>).

Anche i servizi agrometeorologici italiani stanno dando un contributo valido alla realizzazione di strumenti modellistici. Non esistono ancora però, che io sappia, esempi di distribuzione gratuita dei modelli su Internet da parte dei servizi. Ad esempio noi in Emilia-Romagna usiamo operativamente programmi per la simulazione territoriale dello sviluppo fenologico (DIC) e del bilancio idrico (CRITERIA: v. Zinoni et al., 1998) sia per realizzare bollettini che per studi agroambientali ma non abbiamo ancora trovato le risorse necessarie a mettere in circolazione delle versioni di questi strumenti adatte per l'impiego da parte di altre strutture analoghe alla nostra. Analoga la situazione in Sardegna, che ha realizzato (Cossu et al., 1999) una serie di modelli matematici per la protezione delle colture: sul sito Internet del SAR sono disponibili i risultati delle simulazioni ma i modelli non sono scaricabili.

Conclusioni e prospettive

Lo sforzo per passare dall'uso interno a quello pubblico di un modello matematico di agroecosistema è notevole: bisogna documentare i programmi, rimuovere tutti i banchi (quelli che noi sappiamo evitare ma che colpiscono inesorabilmente il neoutente), disegnare il pacchetto di installazione, scrivere le pagine web necessarie, e così via. In questo probabilmente l'AIAM potrebbe aiutare, per esempio mantenendo sul sito una lista aggiornata di modelli relativi agli agroecosistemi realizzati e operativi presso i servizi italiani o in generale presso i soci. L'Associazione potrebbe poi stimolare, con lo strumento del premio, la realizzazione di tesi di laurea e/o dottorato mirate alla realizzazione di applicazioni operative di modelli dell'agroecosistema, modelli che dovrebbero poi essere messi a disposizione di tutti sul nostro sito Internet.

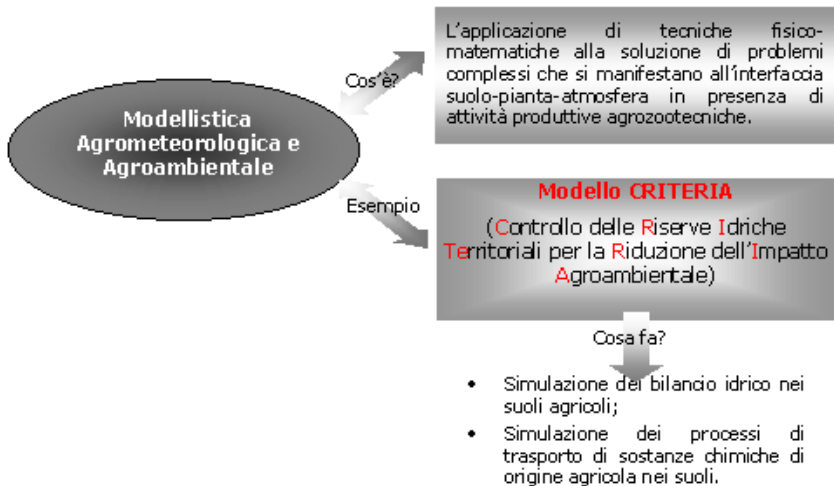


Figura 2 – Questo schema introduce la filosofia di CRITERIA, sistema modellistico sviluppato presso il Servizio Meteorologico Emilia-Romagna, destinato alle applicazioni agroambientali dell'agrometeorologia.

Bibliografia

- Benincasa F., Cristoferi G., Maracchi G., Tedeschi P. (a cura di), 1999. Monitoraggio di un ecosistema a macchia mediterranea: misure ecofisiologiche e micrometeorologiche. Quaderno Inapa n. 6, 108 pp.
- Quirico Antonio Cossu, Gavino Delrio, Giulio Di Cola, Gianna Gilioli, 1999. Modelli matematici nella protezione integrata delle colture in Sardegna. Collana di Agrometeorologia per la Sardegna, a cura di Antonio Milella, Nota tecnica 3, pp 70.
- Van Evert FK, Campbell GS, 1994. CropSyst: a collection of object-oriented simulation models of agricultural systems. *Agron. J.* 86: 332-337.
- Zinoni F., Marletto V., Ducco G., 1998. CRITERIA - un sistema per la gestione territoriale del bilancio idrico. Atti Seminario AIAM '98, Firenze 2 aprile 1998: 67-74.