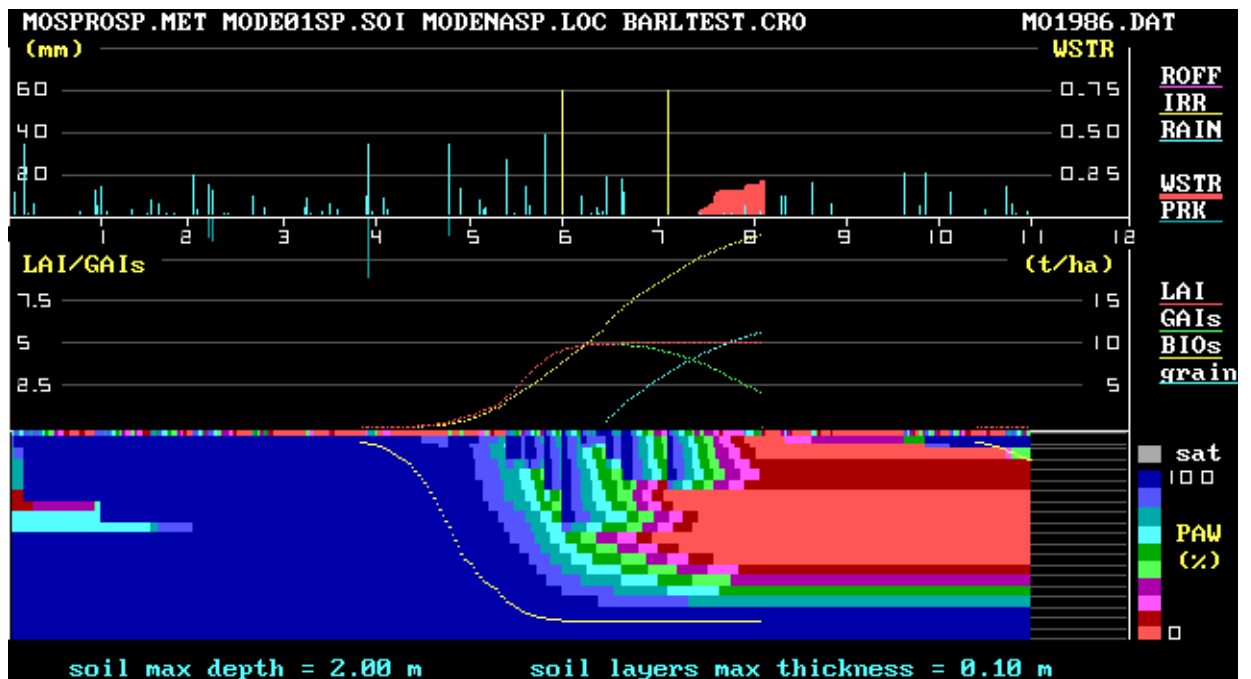


Sistemi nella Gestione Integrata delle Colture - Appunti dalle lezioni

Appunti dalle lezioni del corso tenuto durante l'autunno 1992 da C. Stockle - Dep. of Biological System Engineering, G. Campbell - Dep. of Crop and Soil Science e G. Long - Dep. of Entomology, presso la Washington State University, Pullman, Washington, USA

Marcello Donatelli



ISTITUTO SPERIMENTALE AGRONOMICO
Sezione di Modena

MINISTERO DELLE RISORSE
AGRICOLE, ALIMENTARI E FORESTALI

la corretta citazione di questo volume è:

Donatelli, M. 1995. Sistemi nella gestione integrata delle colture - Appunti dalle lezioni. Pubblicazione speciale dell'Istituto Sperimentale Agronomico, ISA-Sezione di Modena, Modena, 133 pag.

Progetto Finalizzato PANDA, Serie Generale, Pubblicazione no. 3

copie di questo volume saranno disponibili sino ad esaurimento per enti o istituzioni pubbliche che inoltrino richiesta scritta

la fotografia della copertina riproduce uno degli output grafici del sistema CSYMBA (Cropping SYstems Model Building Assistant):

Donatelli, M., E. Ceotto, R. Marchetti e P. Spallacci. 1994. CSYMBA: a PC based shell for cropping system simulation model development. Proceedings of the III ESA Congress, Abano Terme, Padova, Italy, 18-22 Settembre

stampato in proprio in Modena, maggio 1995

Indice

Prefazione	1
------------------	---

Nota dell'autore	2
------------------------	---

1	Introduzione all'analisi dei sistemi e ai modelli di simulazione	3
----------	---	----------

Cosa sono i sistemi e l'analisi dei sistemi?	3
Che cos'è una simulazione ?	4
Uso della simulazione attuata con il computer nell'analisi dei sistemi biologici	4
I modelli in agricoltura: alcuni esempi	6
<i>Modelli di processo</i>	6
<i>Modelli di crescita per colture</i>	7
<i>Altri modelli di crescita</i>	7
<i>Modelli a larga scala</i>	8

2	Classificazione dei modelli di simulazione	9
----------	---	----------

Modelli empirici e modelli meccanicistici	9
Modelli statici e dinamici	10
Modelli deterministici e modelli stocastici	10
Tipi di modelli usati frequentemente nella simulazione di sistemi agricoli	11
Elementi di modelli dinamici e deterministici	12
<i>Variabili</i>	12
<i>Parametri e costanti</i>	12
Modelli concettuali e diagrammi relazionali	13
Equazioni differenziali e finite	14
Integrazione di equazioni differenziali	14
L'intervallo di integrazione	17
Integrazione con effetti ricorsivi	18
Integrazione con discontinuità	19
Tecniche iterative	19

3	Modellazione dei sistemi biologici in relazione all'ambiente: sviluppo, temperatura e fotoperiodo	21
----------	--	-----------

Sviluppo in relazione alla temperatura.....	21
Tempo termico	22
Calcolo dei gradi giorno da dati meteorologici	23
Calcolo dei gradi giorno e temperature estreme.....	25
Normalizzazione del tempo termico	26
Tempo termico in relazione ad altre variabili ambientali.....	27
La temperatura e la crescita degli organismi	28
Stima del fotoperiodo e della temperatura ambientale.....	28
Durata del giorno e ora dell'alba.....	28
<i>esempio di calcolo</i>	30
Interpolazione per stime orarie di temperatura	30
Variazione spaziale della temperatura dell'aria.....	31
Stima della temperatura del suolo dalla temperatura dell'aria	32

4	Modellazione dei sistemi biologici in relazione all'ambiente: relazioni con l'acqua.....	34
----------	---	-----------

Il bilancio idrico nei sistemi viventi.....	34
Modellazione della perdita di acqua: legge di Fick.....	34
Il vapor acqueo nell'aria e nelle superfici evaporanti	35
Resistenza alla diffusione del vapore	37
<i>esempio di calcolo</i>	38
Flusso dell'acqua nel continuum suolo-pianta-atmosfera.....	38
Assorbimento di acqua delle radici.....	40
Modelli semplificati di assorbimento di acqua.....	42
Traspirazione delle piante	43
Combinazione di disponibilità e richiesta di acqua	43
Crescita in relazione all'acqua	45

5	Modellazione dell'acqua negli organismi viventi.....	47
----------	---	-----------

L'umidità atmosferica.....	47
Contenuto d'acqua nel suolo	48
<i>esempio di calcolo</i>	50
Precipitazioni.....	51
Modellazione dell'evapotraspirazione potenziale	53
Partizione dell'ETP tra evaporazione potenziale e traspirazione potenziale	54
Traspirazione ed evaporazione effettiva	55

6 La radiazione solare 56

La radiazione potenziale	56
La radiazione solare giornaliera.....	56
Suddivisione della radiazione tra diretta e diffusa	58
Distribuzione spettrale della radiazione e radiazione fotosinteticamente attiva	60
Assorbimento di energia solare da parte di superfici di suolo e piante	60
Radiazione termica	61
La radiazione netta per modelli di evapotraspirazione.....	63

7 Modellazione della risposta di organismi allo ambiente: fotosintesi e respirazione..... 64

Modellazione della risposta della fotosintesi alla luce	64
Modelli semplici d'intercettazione della luce	67
Modellazione della risposta della fotosintesi alla disponibilità di CO ₂	68
Modellazione della respirazione	69

8 La luce nei manti vegetali 71

L'indice di superficie fogliare e la trasmissione della luce nel manto vegetale	71
Modelli dettagliati di intercettazione della luce da parte dei manti vegetali.....	72
Trasmissione della radiazione diffusa	74
La diffusione della luce nei manti vegetali	75
Calcolo della densità di flusso di PAR sulle foglie di un manto vegetale.....	75
Integrazione giornaliera	76

9 Concetti di base per lo sviluppo di modelli..... 78

Le interazioni tra fattori nei modelli	78
<i>esempio: tasso di decomposizione di residui colturali.....</i>	<i>79</i>
<i>esempio: infestazione fungina su foglie di patata</i>	<i>80</i>
Tipo di dati utilizzabili per sviluppare un modello.....	81

10	Sviluppo e crescita delle colture.....	82
	Sviluppo delle colture	82
	Accrescimento delle colture	85
	Fissazione del carbonio	86
	Respirazione	87
	Produzione di biomassa	87
	Partizione del carbonio	88
	<i>Partizione del carbonio predeterminata.....</i>	<i>89</i>
	<i>Partizione del carbonio in funzione della domanda di crescita.....</i>	<i>89</i>
	<i>Equilibrio funzionale.....</i>	<i>90</i>
	<i>Modelli di resistenza al trasporto</i>	<i>92</i>
	Accrescimento del manto vegetale	92
	Accrescimento delle radici	93
	Produzioni utili	94
11	Modellazione del bilancio idrico	96
	Intercettazione.....	96
	Ruscellamento	96
	Infiltrazione e redistribuzione.....	98
	Evapotraspirazione potenziale.....	98
	Partizione dell'evapotraspirazione potenziale.....	101
	Traspirazione effettiva (assorbimento di acqua della coltura).....	102
	Evaporazione dal suolo.....	104
12	Modellazione del bilancio dell'azoto	105
	Trasformazioni dell'azoto.....	105
	Trasporto dell'azoto nel suolo	108
	Adsorbimento dell'ammonio.....	109
	Assorbimento dell'azoto da parte della coltura	109
	Allocazione dell'azoto e interazione con il carbonio.....	112
13	Valutazione dei modelli di simulazione.....	113
	Differenze tra dati simulati e misurati sperimentalmente	113
	Il grafico valori stimati vs. valori misurati.....	115
	Il grafico valori stimati e misurati vs. il tempo	117
	Indici numerici per la valutazione di modelli.....	117
	<i>Misure di correlazione</i>	<i>117</i>
	<i>Misure di differenze.....</i>	<i>118</i>
	Bibliografia.....	120

Prefazione

Agronomic crop management, the compendium of practices applied to grow crops in a given location, can not be analyzed or evaluated independently of weather, soil characteristics, field hydrology, crop characteristics, and crop rotation, among other factors. Furthermore, the objective of agricultural management can not be assumed to be simply that of maximizing productivity per unit area of land. Other objectives may include the maximization of profit per unit land or for a given operation, and of increasing importance, the minimization of the potential impact of these practices on the environment.

The evaluation of the suitability of agronomic management implies different levels of spatial integration which may encompass from a point in a field, to a field, to a farm, or a region, properly incorporating the spatial variability of soils and weather within the domain of interest, as well as the long-term temporal integration of fluctuating weather conditions over the point or region of interest, as required for risk analysis and probabilistic assessment. All this is confounded by rapidly changing market demands, prices, and technology, requiring also rapid adjustment of cropping systems management to properly cope with new conditions.

Field experimentation, the traditional corner stone of agricultural sciences, is becoming increasingly inadequate to rapidly provide the answers required in the fast-paced environment that characterizes agriculture today. This explains the growing interest on computer simulation and associated computer-based technologies such as geographic information systems and weather generators, which are increasingly viewed and accepted as important tools to provide pre-assessment of the possible impact of selected cropping systems management scenarios. In this regard, computer simulation must not be perceived as replacement to field experimentation but rather as a useful approach to extrapolate in time and space the results obtained by laborious and necessary agricultural experimentation.

The objective of this course and these notes is to provide researchers, practitioners, and students with a first but comprehensive introduction to the concept, development and application of cropping system models. It is our hope that this material will motivate the curious student to initiate a lasting process of self education on the subject.

Claudio O. Stockle and Gaylon S. Campbell

Nota dell'autore

Questi appunti si riferiscono al corso sui sistemi nella gestione integrata delle colture, dall'inglese "Systems in Integrated Crop Management", offerto per la seconda volta nell'Università dello Stato di Washington durante il 1992 dai prof.ri Gaylon Campbell - Dip. Crop and Soil Science, Claudio Stockle - Dip. Biological Systems Engineering e Gary Long - Dip. Entomology.

Il corso ha riguardato la modellistica cercando di integrare le diverse competenze presenti nei Dipartimenti di Ingegneria dei Sistemi Biologici, di Scienza del Suolo e delle Colture, e di Entomologia.

L'attualità dell'argomento, il fatto che un testo sul corso, sia pure in inglese, non è tutt'ora disponibile ed infine la novità rappresentata dal corso stesso, assai raro se non unico nel panorama delle università americane nel momento in cui questa prefazione viene scritta, hanno fatto ritenere che queste note potessero avere un interesse per chi si accosta alla problematica della modellistica dei sistemi colturali. Nel testo sono comunque inserite una quantità di formule che sono il frutto della decennale attività di sintesi e di ricerca degli autori nei vari aspetti della modellazione di sistemi biologici, raccolta che quindi può risultare utile anche a coloro che attivamente lavorano in questo settore della ricerca.

Queste note sono state rese possibili dalla qualità del corso, intesa come chiarezza ed efficacia dei docenti, e come qualità del materiale distribuito. In queste note non è però inclusa la parte relativa alla modellazione di popolazioni entomatiche, parte che è risultata poco integrata o integrabile, così come è stata trattata, con la simulazione del sistema clima-suolo-pianta.