

Modellistica e telerilevamento: esempi di applicazioni attuali

Negli ultimi anni il settore agricolo ha avvertito con sempre maggiore evidenza la necessità di avere a disposizione informazioni di qualità riferite a una scala spaziale adeguata alle necessità operative della produzione agricola. Se consideriamo la complessità e il gran numero di fonti di variabilità che caratterizzano i sistemi produttivi agricoli appare chiaro quanto la disponibilità di tali informazioni sia essenziale per la competitività dell'agricoltura odierna. Gli agricoltori si trovano infatti a dover prendere decisioni in condizioni di elevata incertezza finendo quindi per somministrare eccessi di input nella speranza di limitare il rischio che si verifichino eventi dannosi. Una conoscenza dettagliata del sistema consente quindi di limitare questi rischi e incertezze e di conseguenza di ridurre gli eccessi e di massimizzare i profitti con benefici economici oltre che ambientali.

Facendo riferimento al settore della difesa delle colture dalle malattie, risulta evidente come negli ultimi anni quattro elementi abbiano rappresentato punti fondamentali per la creazione di efficaci sistemi di supporto agli agricoltori volti alla razionalizzazione delle scelte gestionali e pianificatorie:

- ampliamento delle conoscenze biologiche;
- sviluppo dell'informatica e delle telecomunicazioni;
- livello quasi costante delle perdite di produzione;
- elevata utilizzazione dei pesticidi.

Per quanto riguarda il primo elemento, il progresso scientifico ha permesso l'acquisizione di conoscenze sempre più approfondite e dettagliate sui singoli patogeni, a riguardo della biologia, epidemiologia, ecologia. In questo modo sono quindi state definite con maggior precisione le relazioni fra lo sviluppo

* *Dipartimento di Scienze Agronomiche e Gestione del Territorio Agro-forestale, Università degli Studi di Firenze*

REGIONE	PRODUZIONE ATTUALE	PATOGENI	INSETTI	INFESTANTI	TOTALE
Africa	13.3	4.1	4.4	4.3	12.8
Nord America	50.5	7.1	7.5	8.4	22.9
America Latina	30.7	7.1	7.6	7	21.7
Asia	162.9	43.8	57.6	43.8	145
Europa	42.6	5.8	6.1	4.9	16.8
Ex Unione Sovietica	31.9	8.2	7	6.7	22.1
Oceania	3.3	0.8	0.6	0.5	1.9

Tab. 1 *Perdite di produzione. Fonte: E. Oerke, et al., Crop production and crop protection: Estimated losses in major food and cash crops (Amsterdam: Elsevier, 1995). Valori in miliardi di US\$*

delle patologie, in termini di incidenza e severità, e le variabili agrometeorologiche determinanti per il completamento delle diverse fasi biologiche. Queste relazioni sono poi la base per la formulazione di modelli di simulazione delle infezioni, a supporto degli agricoltori.

Lo sviluppo delle tecnologie è stato ugualmente rilevante, permettendo in pochi anni di realizzare strumenti sempre più affidabili e precisi per il monitoraggio ambientale, anche in condizioni di pieno campo, per l'acquisizione dei dati, per la loro trasmissione ed elaborazione in tempo reale mediante computer in grado di gestire quantità di dati impensabili solo pochi anni fa.

Allo stesso tempo però a questo progresso nelle conoscenze e nella tecnologia non è corrisposta una riduzione né nelle perdite di produzione, né nel consumo di fitofarmaci. Per quanto riguarda il primo punto, come media mondiale le perdite si attestano su un 30% della produzione potenziale, includendo i danni provocati da patogeni, insetti e infestanti. In termini economici si può rilevare (tab. 1) che i danni più alti si hanno nei paesi in via di sviluppo (Africa e Asia) dove raggiungono quasi il 50%. Le cause di questa situazione possono essere identificate in: mancanza di tecnologia, successioni colturali, alte temperature, possibilità di avere più cicli biologici durante un anno. Nei paesi industrializzati invece i danni si attestano a un livello più basso, in generale inferiore al 30%.

Anche il commercio di pesticidi risulta in continuo aumento, evidenziando un incremento nell'uso di prodotti chimici in agricoltura, che non risulta giustificabile anche considerando l'aumento della popolazione e delle superfici agricole mondiali (tab. 2).

Da queste considerazioni si può quindi comprendere la necessità di acquisire e diffondere informazioni agli agricoltori per supportare e razionalizzare

REGIONE	1983	1993	1998
Nord America	3991	7377	8980
America Latina	1258	2307	3000
Europa Occidentale	5847	7173	9000
Europa Orientale	2898	2571	3190
Africa	942	1258	1610
Asia/Oceania	5572	6814	8370
Totale	20507	27500	34150

Tab. 2 *Consumo mondiale di pesticidi, 1983-1998 (US\$ milioni). Fonte: (a) Yudelman et al. 1998: 10. (b) IFPRI calculation based on Yudelman et al. 1998: 10 and FAOSTAT 1999*

le tecniche di difesa dalle malattie e ridurre così costi e inquinamento. Ad esempio in Europa la protezione della vite richiede circa (considerando 4 milioni di ettari) 120000 Mg di pesticidi di cui 9 di metalli pesanti (Cu).

Il telerilevamento e i modelli di simulazione rappresentano due importanti fonti di informazione per un monitoraggio dettagliato del territorio e per ottenere previsioni sul comportamento dei sistemi culturali. Inoltre le immagini telerilevate possono essere utilizzate per la spazializzazione dei dati puntuali misurati dalle singole stazioni agrometeorologiche, fornendo così una mappatura di dettaglio delle variabili input, ma soprattutto degli output dei modelli di simulazione. I singoli agricoltori potranno quindi ottenere informazioni caratterizzate per ogni appezzamento, sulla cui base organizzare programmi personalizzati di gestione della coltura sulla base delle effettive esigenze, con un consistente risparmio in termini di costi di produzione e di impatto sull'ambiente.

In definitiva le possibili applicazioni del telerilevamento all'agricoltura e le sue integrazioni con la modellistica risultano abbastanza numerose. Nei prossimi paragrafi sarà fornita una descrizione di alcuni importanti esempi a livello internazionale per la stima delle rese, la previsione degli eventi dannosi, la razionalizzazione della gestione colturale, mentre nella parte conclusiva saranno descritti in dettaglio gli obiettivi e i risultati ottenuti nell'ambito del progetto "Stime di precipitazioni da sensori remoti e modellistica per la determinazione della durata di bagnatura fogliare in applicazioni agrometeorologiche", finanziato dal MIUR (progetti PRIN 2003).

MONITORAGGIO DELLA PRODUZIONE - PROGETTO MARS

Dal 1988 tra le attività del Joint Research Centre della Comunità Europea ha preso avvio il progetto MARS (Modeling Agriculture with Remote Sensing).

Inizialmente lo scopo è stato quello di applicare le “emergenti” tecnologie spaziali per ottenere informazioni tempestive sulle aree coltivate e sulle produzioni dell’intera Comunità Europea. Nel 1993, a seguito delle richieste degli utenti, il progetto è stato indirizzato alla elaborazione di informazioni sia per la gestione della Politica Agricola Comune (PAC) sia come servizio di supporto tecnico fornito ai governi degli stati membri. I dati utilizzati da questo sistema di monitoraggio sono quindi forniti da satelliti, osservazioni di campo, modelli meteorologici e modelli di simulazione di sviluppo e produzione delle colture.

Il progetto è suddiviso in tre parti:

- Mars-PAC: ha il compito di fornire supporto scientifico e linee guida alla direzione generale dell’agricoltura della Commissione Europea e agli stati membri per l’implementazione e la gestione della PAC.
- Mars-STAT: effettua attività di monitoraggio delle colture esistenti e delle loro produzioni. Questo obiettivo viene perseguito sia grazie all’utilizzo di modelli di simulazione agrometeorologici (Crop Growth Monitoring System-CGMS) integrati con metodi di remote sensing a bassa risoluzione, sia per mezzo di dati dall’elevata risoluzione spaziale combinati con rilievi di campo.
- Mars-FOOD: ha come fine quello di costituire un sistema globale di monitoraggio e valutazione nel campo dell’agricoltura (considerando anche le produzioni extra-europee) da poter sfruttare sia per la sicurezza alimentare, sia per informare tempestivamente l’AIDCO (Aid Cooperation Office) sulla situazione degli alimenti e delle colture.

STIMA DEL TASSO DI CRESCITA DEI PASCOLI

Una corretta gestione dei pascoli rappresenta un elemento fondamentale per la conservazione e il mantenimento di questi fattori di produzione. Numerosi sono gli indici che permettono di stimare il tasso di crescita e la disponibilità di foraggi. L’utilizzo di queste informazioni può consentire agli agricoltori di mantenere tassi di crescita ottimali e di migliorare la qualità del pascolo e la sua utilizzazione. La maggior parte degli agricoltori non ha la possibilità di effettuare regolari e accurate stime di questi indici all’interno della propria azienda e risulta estremamente difficile tenere in considerazione la loro variabilità spaziale e temporale (fig. 1).

In Australia, in una collaborazione tra il “Department of Land Administration (DOLA)” del Governo dell’Australia Occidentale e una azienda privata

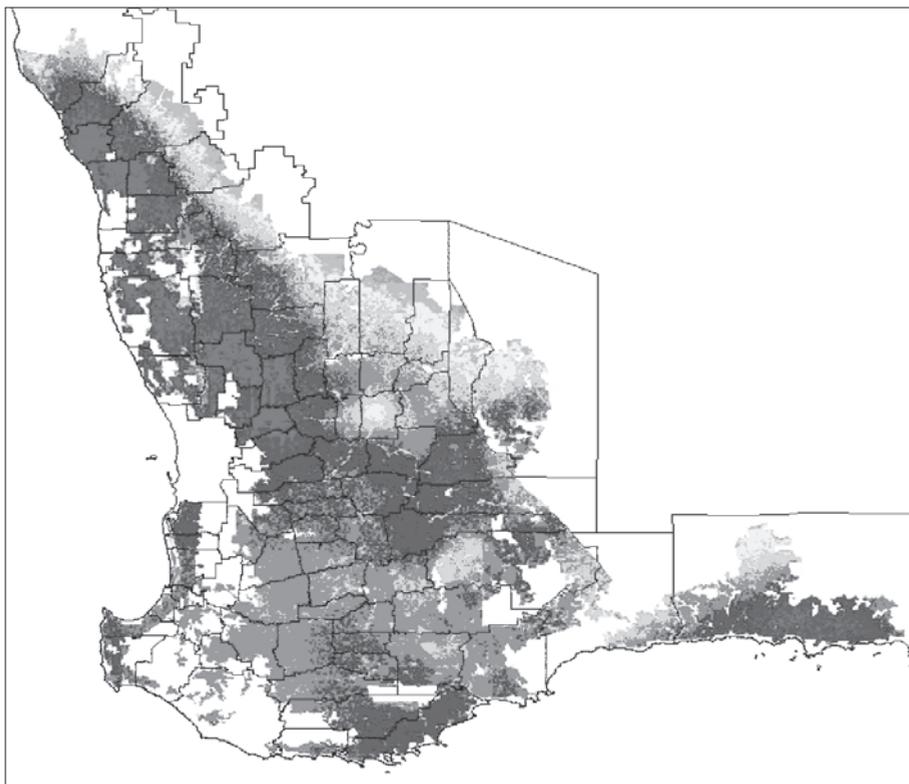


Fig. 1 *Mappa del tasso di crescita dei pascoli dell'Australia occidentale del 3/09/2003. Da: <http://www.pgr.csiro.au>*

(CSIRO-Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation), è stata sviluppata una tecnologia per la misura del tasso di crescita (PGR-Pasture Growth Rate) e della “disponibilità di foraggi” (FOO-Feed On Offer) dei pascoli australiani. Questi due parametri, molto utili per la gestione delle rotazioni dei pascoli, delle fertilizzazioni e di molte altre tecniche di agricoltura di precisione, vengono calcolati combinando le immagini da satellite con le misure di campo. Grazie alle prime vengono determinati l'indice NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) e il “green index”. La loro combinazione con i rilievi effettuati a terra permette la realizzazione di mappe che vengono diffuse agli agricoltori. Le carte risultanti hanno una risoluzione spaziale di 20 x 20 m e consentono quindi di valutare con precisione le potenzialità produttive dei pascoli e di applicare una gestione differenziale di ogni singola porzione di territorio.

RISCHIO GELATE

Tra le possibili applicazioni del telerilevamento all'agricoltura troviamo anche l'utilizzo di dati da satellite per la previsione delle gelate. In uno studio presentato nell'ambito della Azione COST 718 nel 2004, viene descritto un sistema di previsione di tali eventi dannosi basato sull'elaborazione di dati ottenuti da satellite e da stazioni agrometeorologiche a terra. I dati raccolti con queste due metodologie vengono confrontati e messi in correlazione per la caratterizzazione climatica dell'area di interesse e la creazione di mappe di rischio di gelate (fig. 2).

GESTIONE IRRIGAZIONE

Per aumentare l'efficienza degli interventi di irrigazione e minimizzare gli sprechi, in Spagna, nell'ambito di un progetto di ricerca cofinanziato dalla

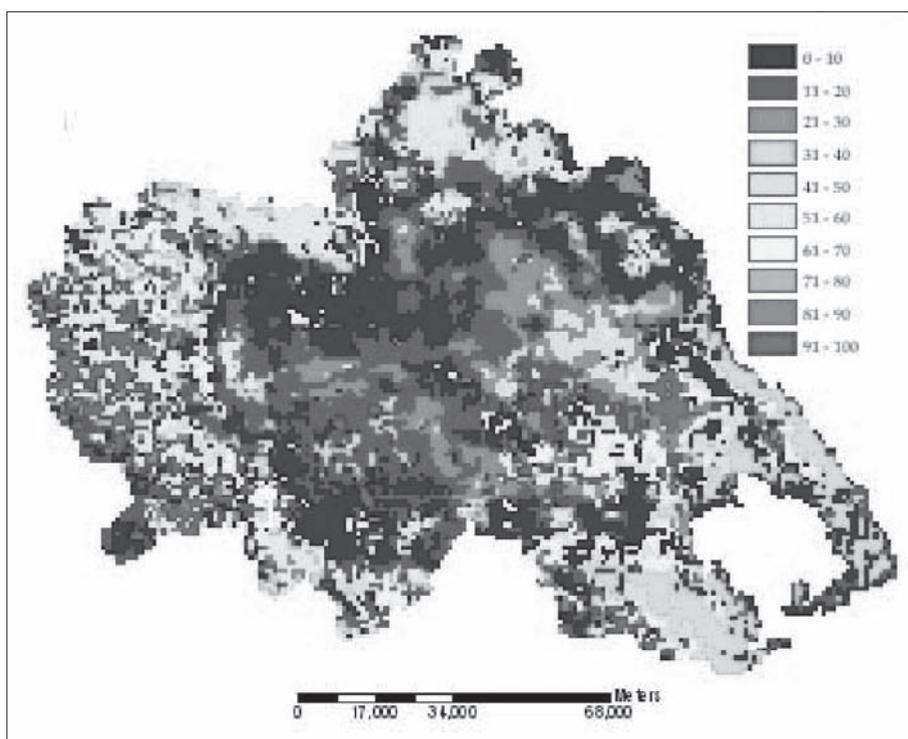


Fig. 2 *Mapa di rischio di gelate*

Commissione Europea, è stato messo a punto un servizio di gestione dell'irrigazione basato sull'utilizzo di dati telerilevati. Questi, assieme a quelli ottenuti con i rilievi di campo e con le stazioni agrometeorologiche, vengono utilizzati per il calcolo del coefficiente colturale.

Successivamente, assieme all'evapotraspirazione potenziale, viene poi calcolata la richiesta d'acqua delle diverse colture per individuare il momento ottimale in cui effettuare gli interventi irrigui.

STIMA DELLA PRODUZIONE NEI PAESI IN VIA DI SVILUPPO

Un'altra importante applicazione del telerilevamento è rappresentata dall'utilizzo dei dati remoti come input di modelli di simulazione per la previsione delle rese. L'integrazione di questi strumenti offre quindi la possibilità di avere previsioni spazializzate sul territorio in modo da ottenere informazioni preziose da utilizzare per la politica agricola e la gestione delle emergenze alimentari. Ancor più evidente appare l'importanza di questa integrazione se consideriamo il fatto che le informazioni così ottenute possono essere disponibili anche laddove le variabili necessarie al funzionamento dei modelli siano indisponibili o troppo onerose da reperire. Un esempio dell'importanza della combinazione di questi strumenti è rappresentato dall'integrazione tra un modello di simulazione di sviluppo del miglio (*Ceres-millet*) con dati telerilevati per la stima delle carestie in Burkina Faso (Thornton et al., 1997).

DIFESA DALLE MALATTIE

L'impiego del telerilevamento nel campo della protezione delle colture offre notevoli vantaggi. Questo strumento permette infatti di ottenere informazioni sullo stato sanitario delle colture senza dover effettuare i rilievi di campo. Per distinguere le aree infette da quelle sane vengono utilizzate immagini aeree o da satellite contenenti informazioni circa la riflettanza o la temperatura della canopy. Questi due parametri permettono infatti di distinguere le aree malate da quelle sane in quanto assumono valori diversi nelle bande analizzate.

Oltre a consentire una maggiore rapidità nel reperire le informazioni epidemiologiche, la possibilità di conoscere lo stato delle colture su una area estesa permette la distinzione tra le zone sane e quelle infette con grande precisione e accuratezza e quindi di individuare le aree che necessitano di maggiore o minore protezione. Nella migliore applicazione, finalizzata in definitiva alla



Fig. 3 Immagine raccolta dal satellite Quickbird in cui sono chiaramente visibili i campi di barbabietola da zucchero (grigio) e al loro interno le zone affette da Rizomania. Da: <http://media.digitalglobe.com>

precision farming, individuando le aree infette gli agricoltori possono effettuare i trattamenti soltanto su di esse piuttosto che sull'intero campo riducendo l'ammontare di pesticidi applicati e il numero di trattamenti necessari. L'utilizzo di queste informazioni nella gestione delle malattie risulta quindi vantaggioso sia dal punto di vista economico che da quello ambientale.

Numerose sono le applicazioni del telerilevamento per il monitoraggio epidemiologico sia a livello sperimentale sia applicativo. Uno degli esempi più rappresentativi è costituito dal monitoraggio della diffusione della Rizomania sulle colture di barbabietola da zucchero effettuato sull'intera North Dakota Red River valley, negli Stati Uniti, nell'ambito del programma UMAC (Upper Midwest Aerospace Consortium) dell'Università del Nord Dakota. In questa applicazione, le immagini multispettrali di un satellite ad alta risoluzione (QuickBird) vengono utilizzate per l'individuazione delle aree colpite. Le informazioni così ottenute vengono quindi distribuite agli agricoltori per il trattamento differenziale delle aree coltivate (fig. 3).

Ulteriori vantaggi possono essere ottenuti utilizzando i dati telerilevati come input per modelli di simulazione di sviluppo delle malattie. L'integrazione di questi due strumenti consente infatti di conoscere le aree che saranno maggiormente esposte a rischio di infezione piuttosto che le aree già colpite. Conoscendo il momento e le aree in cui si avranno i focolai infettivi è possibile quindi effettuare anche i trattamenti preventivi, invece che soltanto quelli a infezione in atto, in maniera più mirata con una conseguente, ulteriore, riduzione delle applicazioni.

PROGETTO PRIN 2003. STIME DI PRECIPITAZIONI
 DA SENSORI REMOTI E MODELLISTICA PER LA DETERMINAZIONE
 DELLA DURATA DI BAGNATURA FOGLIARE
 IN APPLICAZIONI AGROMETEOROLOGICHE

L'obiettivo del progetto è stato quello di realizzare un sistema per la stima della bagnatura fogliare (BF) e delle altre variabili agrometeorologiche per applicazioni alla difesa delle colture (in particolare vite e girasole) dalle malattie. Han-

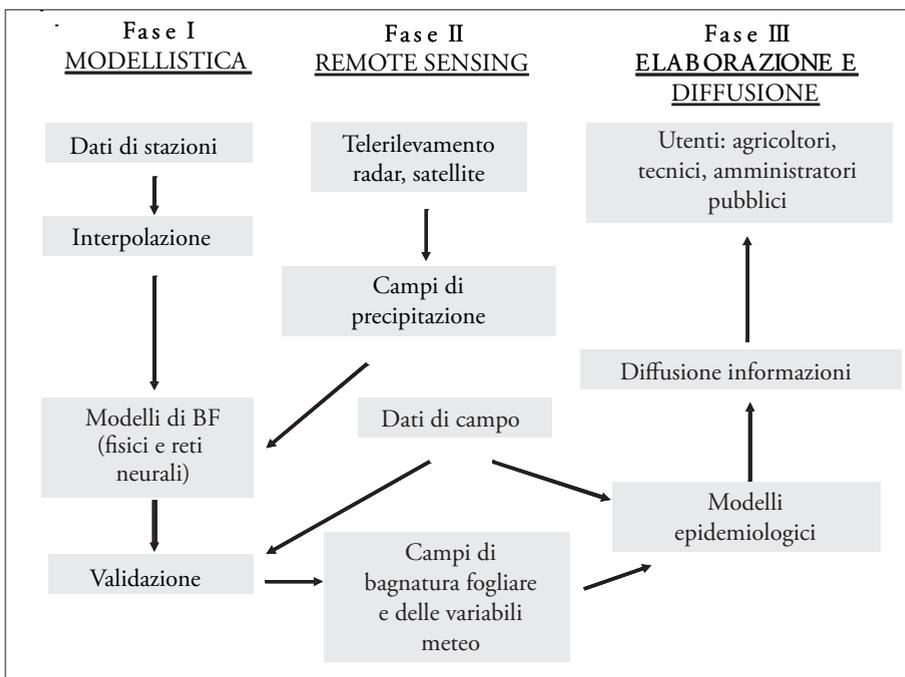


Fig. 4 Principali fasi di attività del progetto PRIN 2003

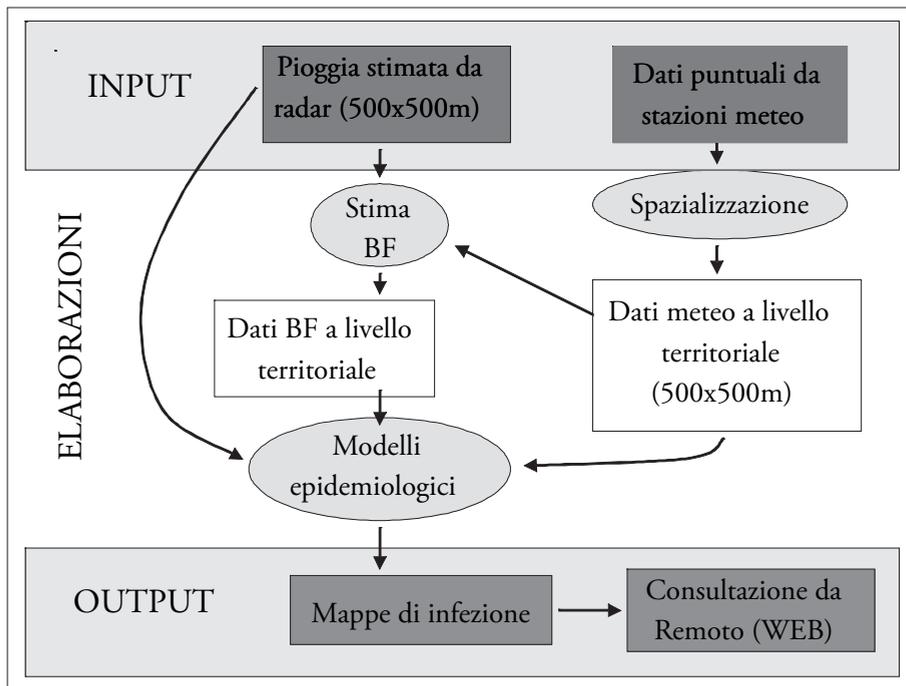


Fig. 5 Schema strutturale del sistema ARMET sviluppato per la peronospora della vite nel Friuli Venezia Giulia

no partecipato alle attività il Dipartimento di Fisica dell'Università di Ferrara, l'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del CNR di Roma, il Dipartimento di Scienze Agrarie e Ambientali dell'Università degli Studi di Udine con il coordinamento del Dipartimento di Scienze Agronomiche e Gestione del Territorio Agroforestale dell'Università degli Studi di Firenze (fig. 4).

La bagnatura fogliare rappresenta una variabile critica soprattutto all'interno dei modelli di simulazione epidemiologici, in quanto la presenza di un velo d'acqua sui tessuti dell'ospite consente lo sviluppo dei processi infettivi. Nel corso del progetto sono stati presi in considerazione due patogeni, la peronospora della vite e quella del girasole, sia per l'importanza delle colture, sia per la diversa struttura della loro copertura vegetale (controspalliera verticale nel vigneto, canopy orizzontale nel girasole) che modifica la dinamica della bagnatura. Il sistema realizzato (denominato ARMET) è stato applicato operativamente nella regione Friuli Venezia Giulia, facendo particolare attenzione alla integrazione con i modelli di simulazione epidemiologici e alla elaborazione di informazioni spazializzate sul territorio che sono distribuite

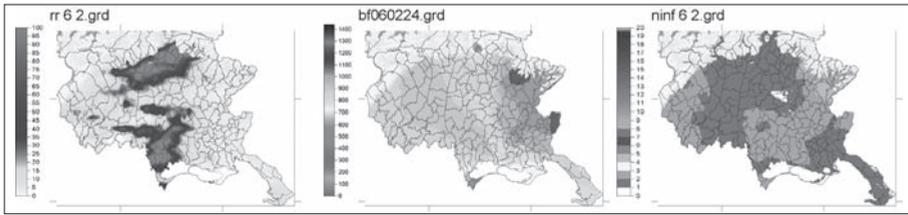


Fig. 6 Esempi di output del sistema relativi a (da sinistra a destra): precipitazioni, bagnatura fogliare, infezioni

sotto forma di mappe agli operatori del settore agricolo (agricoltori, tecnici, amministratori pubblici, ecc.) (fig. 5). La collaborazione con il CSA-ARPA del Friuli Venezia Giulia è stata l'elemento chiave nel successo della attività progettuali stabilite. Sia per quanto riguarda la fornitura dei dati da radar da parte dell'OSMER-FVG, sia per quanto concerne i dati delle stazioni a terra, le osservazioni sulle colture e lo sviluppo del sistema informativo agrometeorologico, le attività sono state portate avanti con sinergia e collaborazione.

Gli input di ARMET sono i dati di pioggia stimata da remote sensing (il radar meteorologico di Fossalon di Grado) e i dati meteorologici della rete di stazioni sinottiche dell'ARPA del Friuli Venezia Giulia. L'output è rappresentato da una serie di mappe giornaliere relative a pioggia, bagnatura fogliare, numero di infezioni di peronospora in atto, numero di giorni stimati per l'evasione delle diverse infezioni, ecc. Tali mappe sono visualizzabili direttamente su web da utenti registrati. Il sistema comprende al suo interno diverse sub-routine: per la spazializzazione dei dati meteo, per la stima della bagnatura fogliare, per la simulazione delle malattie delle colture (in particolare in questa prima fase l'attenzione si è rivolta verso il calcolo della peronospora della vite; il sistema è comunque modulare e si presta a essere facilmente aggiornato con nuovi algoritmi e sub-routine) (fig. 6).

Entrando nel dettaglio del telerilevamento, è necessario mettere in evidenza in primo luogo l'estrema importanza di supportare la ricerca nelle applicazioni operative di queste tecniche di rilevamento, in quanto consentono di ottenere una buona precisione nella stima dei dati, riducendo al tempo stesso i costi e tutte le incertezze legate alla predisposizione di complesse e costose reti di stazioni a terra. È comunque importante mettere in evidenza come i risultati della ricerca indichino che sia l'osservazione radar, che, in misura maggiore, quella satellitare, forniscano stime di precipitazione fortemente discrepanti rispetto a strumenti convenzionali (pluviometri a

terra). Le ragioni di questo risiedono nel fatto che sicuramente i sensori remoti, stimando indirettamente la precipitazione, compiono errori inerenti al metodo di stima stesso, ma anche nelle differenze di risoluzione spaziale e temporale dei dati telerilevati rispetto a quelli misurati a terra dalle stazioni agrometeorologiche. Essendo la precipitazione una grandezza estremamente variabile a brevi scale spazio-temporali, queste diversità nelle modalità di osservazione del fenomeno amplificano le discrepanze dovute a errori nelle tecniche di stima.

Quindi non ci si deve aspettare che la stima da satellite o da radar possa replicare le osservazioni pluviometriche. È invece auspicabile una loro integrazione considerando che le tecniche da telerilevamento possono fornire un dato a elevata risoluzione temporale, spazialmente continuo con una risoluzione elevata nei prodotti disponibili dagli ultimi sensori montati a bordo dei satelliti recentemente lanciati, a una risoluzione spaziale buona (radar) o sufficiente (satellite), con caratteristiche di affidabilità note e, nel caso del satellite, che non necessita di manutenzione e/o calibrazione continua. Chiaramente l'elaborazione del dato di precipitazione da parte dell'utente, nel caso del progetto riferita anche agli algoritmi di stima della durata della bagnatura fogliare, dovrà adattarsi alla differente struttura del dato e alla sua incertezza per sfruttarne le potenzialità e minimizzarne le carenze rispetto al dato convenzionale.

CONCLUSIONI

In conclusione è necessario mettere in evidenza come, anche se gli obiettivi e le necessità del mondo agricolo risultano sufficientemente chiare, la messa a punto di strumenti di supporto efficaci dipenda strettamente dalla capacità di creare zone culturali comuni, che siano specifiche della problematica in oggetto, ma che risultino abbastanza ampie da garantire la piena comprensione dell'impatto sul risultato finale di ogni singola scelta metodologica intermedia. Troppo spesso infatti durante lo scambio di dati, prodotti e metodologie tra contesti scientifici diversi, non viene sufficientemente curata la definizione e la caratterizzazione delle incertezze associate al singolo oggetto scambiato. Questo conduce direttamente a una difficoltà nella identificazione e quantificazione delle relazioni causa-effetto e quindi a un'impossibilità di intervento ragionato nella delicata fase di affinamento iterativo e di generalizzazione applicativa della metodologia, che è poi il presupposto fondamentale a un effettivo utilizzo del prodotto da parte

di differenti categorie di utenti finali (agricoltori, tecnici, amministratori pubblici, ricercatori).

Ecco perché è necessario dedicare particolare attenzione alla valutazione degli errori associati a ogni passo del processo. È importante inoltre sottolineare il collegamento tra le funzionalità delle strutture coinvolte, delle reti di rilevamento e osservazione a terra, la necessità di sfruttare competenze scientifiche e il porsi all'avanguardia in campo internazionale nelle diverse discipline coinvolte (fisica dell'atmosfera, agrometeorologia, agronomia, ingegneria, ecc.). Questi collegamenti richiedono inoltre finanziamenti consistenti, ma, in generale, non gravati dalla necessità di investimenti per la costruzione e la messa a punto di strumentazione (di solito già presente sul territorio e scarsamente o malamente utilizzata), ma esclusivamente dipendenti dal bisogno di investire energie e personale per l'approfondimento di promettenti sinergie d'avanguardia.

Gli approcci interdisciplinari proposti per lo sviluppo delle applicazioni descritte possono realmente costituire il presupposto per realizzare sistemi in grado di produrre informazioni di supporto per l'attività degli agricoltori. È infatti con questi scopi che telerilevamento e modellistica trovano le loro più efficaci applicazioni, volte al trasferimento dei risultati scientifici verso finalità operative e gestionali.

Esistono comunque numerosi elementi di criticità che possono ostacolare tali integrazioni, che dovranno essere oggetto di ulteriori approfondimenti e attenzione. Fra questi possiamo ricordare:

- disponibilità di dati epidemiologici e in generale di dati relativi alle colture. Spesso i dati non sono rilevati o lo sono in maniera non standardizzata per permetterne l'utilizzazione;
- i dati da satellite non sono agevolmente disponibili, mentre quelli radar sono talvolta caratterizzati da scarsa qualità che non ne permette l'impiego per la stima dei campi di pioggia e delle altre variabili richieste dai modelli;
- gli agricoltori mostrano una diffidenza e una scarsa confidenza con le innovazioni tecniche ed è quindi necessario cercare di sviluppare ancora di più la parte di divulgazione per portare a conoscenza gli operatori dei vantaggi conseguibili dall'adozione di tali strumenti.

RINGRAZIAMENTI

Gli autori desiderano ringraziare Andrea Cicogna e Marco Gani (CSA-ARPA Friuli Venezia Giulia) per la collaborazione e il supporto fornito nella realizzazione del progetto.

BIBLIOGRAFIA

- BATTISTA P., CONESE C., ORLANDINI S. (1998): *Applicazione delle tecnologie dell'informazione per il supporto delle attività agricole in Toscana*, in Atti del congresso AICA '98 "In moto sulla rete", 18-20 novembre 1998, Napoli (Italia), pp. 97-102.
- CICOGNA A., DALLA MARTA A., ALLILLA R., DIETRICH S., FABBO R., GANI M., GIOVANARDI R., MARACCHI G., ORLANDINI S., SANDRA M., SEVERINI M. (2002): *Uso del parametro di bagnatura fogliare nella previsione delle malattie delle piante*, in Atti Convegno Nazionale AIAM 2002 "L'Agrometeorologia nel Mediterraneo", Acireale (Catania), 6-7 giugno 2002, pp. 58-68.
- CICOGNA A., GANI M., GENTILINI S., SANDRA M., DIETRICH S., ORLANDINI S., DALLA MARTA A., FABBO R. (2004): *ARMET: un sistema per la stima delle malattie delle piante a livello territoriale*, in Atti delle "III Giornate di Studio Metodi Numerici, Statistici e Informatici nella Difesa Colture Agrarie e delle Foreste: Ricerca e Applicazioni", a cura di A. Dalla Marta, S. Orlandini, Firenze, 24-26 novembre 2004, p. 77.
- DALLA MARTA A., ORLANDINI S., CICOGNA A. (2005): *An integrated system for the agrometeorological monitoring at farm scale: preliminary results*, in Atti del Frutic05, Information and Technology for Sustainable Fruit and Vegetable Production, Montpellier (Francia), 12-16 settembre 2005.
- DALLA MARTA A., ORLANDINI S., MANCINI M. (2006): *Sviluppo di un sistema integrato per la gestione aziendale*, in Riassunto dei lavori I Convegno Nazionale di Viticoltura, Ancona, 21-23 giugno 2006, p. 85.
- DOMENIKIOTIS C., SPILIOPOULOS M., KANELOU E., DALEZIOS N.R. (2004): *Frost risk mapping using satellite data*, Studio presentato all'Azione Cost del 15-18 novembre 2004 dal titolo "Meteorological applications for agriculture" (CD-ROM). Ginevra, CH.
- JOCHUM ANNE M., CALERA A., CUESTA A. (2004): *Earth observation technologies to improve irrigation advisory services*, Studio presentato all'Azione Cost del 15-18 novembre 2004 dal titolo "Meteorological applications for agriculture" (CD-ROM). Ginevra, CH.
- MARIANI L., BOCCHI S., BOSCHETTI M., CASARINI R. (2005): *Stima della produzione dei pascoli alpini con tecniche modellistiche e di remote sensing*, «AIAM – Rivista italiana di agrometeorologia», 10, pp. 96-97.
- MARTÍN DE SANTA OLALLA F., CALERA A., DOMINGUEZ A. (2003): *Monitoring irrigation water use by combining Irrigation Advisory Service, and remotely sensed data with a geographic information system*, «Agric. Water Manag.», 61, pp. 111-124.
- ORLANDINI S., DALLA MARTA A., CICOGNA A., GANI M., DANUSO F., SANDRA M., BARBIERI S., PORCÙ F., DIETRICH S. (2005): *Stime di precipitazione da sensori remoti e modellistica per la determinazione della durata di bagnatura fogliare in applicazioni agrometeorologiche*, in Atti del xxxvi Convegno della Società Italiana di Agronomia, Foggia, 20-22 settembre 2005, pp. 228-229.
- ORLANDINI S., DALLA MARTA A., MATTII G.B. (2006): *Modelling grapevine responses to different training systems*, «ACTA Horticulturae», 707, pp. 49-56.
- THORNTON P.K., BOWEN W.T., RAVELLO A.C., WILKENS P.W., FARMER G., BROCK J., BRINK J.E. (1997): *Estimating millet production for famine early warning: an application of crop simulation modelling using satellite and ground-based data in Burkina Faso*, «Agric. For. Meteorol.», 83, pp. 95-112.

SITI INTERNET CONSULTATI

<http://www.digitalglobe.com>

<http://www.demeter-ec.net>

<http://mars.jrc.it>

<http://spatial.agric.wa.gov.au>

<http://www.foo.csiro.au>

<http://www.pgr.csiro.au>

<http://www.agric.wa.gov.au>