

EVOLUZIONE E PROSPETTIVE, TECNICHE E INFORMATICHE, DEL SISTEMA DI PREVISIONE E AVVERTIMENTO DELLE AVVERSITA' IN EMILIA-ROMAGNA

PROGRESS AND PERSPECTIVES OF A FORECASTING SYSTEM FOR PESTS AND DISEASES PREVISION AND WARNING IN THE EMILIA-ROMAGNA REGION

Tiziano Galassi^{1*}, Tiziano Bettati²

¹: Servizio Fitosanitario – Regione Emilia-Romagna Via Saliceto, 81 – 40128 Bologna

²: C.R.P.A. – Centro Ricerche Produzioni Animali Corso Garibaldi, 42 – 42100 Reggio Emilia

* Corresponding author: Tel. +39 051 415 92 80, fax +39 051 415 9259 e-mail: tgalassi@regione.emilia-romagna.it

Ricevuto 3 aprile 2005, accettato 7 dicembre 2005

Riassunto

Da alcuni anni in Emilia-Romagna è operativo un “Sistema di previsione e avvertimento” basato sul funzionamento di un “Centro Redazionale” centralizzato che supporta i tecnici nelle elaborazione dei bollettini settimanali per la difesa integrata. Nel presente lavoro vengono ridefiniti gli obiettivi strategici del progetto e in particolare viene presentata la nuova architettura del sistema, i nuovi prodotti informatici e le nuove soluzioni tecnologiche che consentiranno di ottimizzare la funzionalità attraverso l’automazione di diverse procedure e l’attivazione di programmi di controllo e verifica. Tale soluzione porterà efficienza ed efficacia al servizio ed inoltre consentirà una più facile diffusione dei dati sulla rete internet anche attraverso la rappresentazione dei dati su base cartografica. Nel nuovo progetto sono inoltre contemplate possibili soluzioni che potranno consentire una strutturata e funzionale utilizzazione del sistema prodotto anche in regioni diverse dall’Emilia-Romagna.

Parole chiave: Modelli previsionali, Malattie piante, Internet.

Summary

Since a few years in the Emilia-Romagna Region a forecasting system for pests and diseases prevision and warning is used. This system is based on a “Forecasting Center” that supports technical staff in elaboration of weekly bulletins for integrated defence. In this paper the strategical purpose of the project is described. In particular, new architecture of the system, new informatic products and new technological solutions to obtain the best results by automation of different steps and activation of check programs are presented. This solution will bring efficiency and efficacy to the service and, in addition, will improve data diffusion on the internet by their representation on a cartographic base. The new project includes solutions to allow an efficient utilization of the system in other Regions too.

Key words: Forecasting models, Plant diseases, Internet.

Introduzione

A partire dalla fine degli 80 la Regione Emilia-Romagna ha avviato programmi di lavoro per la messa a punto di modelli previsionali sulla epidemiologia delle avversità e la loro applicazione, a supporto dei tecnici, nelle elaborazioni dei bollettini settimanali per la difesa integrata. In particolare fino al 1997 l’attenzione è stata rivolta verso soluzioni che prevedevano la diretta utilizzazione dei modelli previsionali da parte dei tecnici e delle aziende più evolute. Tale impostazione ha peraltro incontrato numerose difficoltà legate ad aspetti tecnologici, che sono stati progressivamente superati, ma anche a problemi di inefficienza del sistema, scarsa adattabilità dei tecnici, inadeguatezza complessiva nella gestione degli errori provenienti dalla rete meteorologica e sostanziale mancanza di disponibilità dei tecnici ad adottare eventuali output che fossero in contrasto con le loro impostazioni. Fino a quando i modelli confermavano le opinioni dei tecnici erano apprezzati, ma ogni qual volta ne contrastavano le idee perdevano di credibilità e venivano progressivamente abbandonati.

Di conseguenza negli ultimi anni è stato messo a punto un “Sistema di previsione e avvertimento” che prevedeva che tutti i modelli fossero elaborati, interpretati e messi a disposizione degli utenti, da parte di un “Centro redazionale” costituito da undici specialisti che operano con la funzione di *promoter* dell’intero servizio. Tale soluzione ha conseguito risultati sostanzialmente positivi, si è perfettamente integrata con l’evoluto sistema dei servizi di assistenza tecnica disponibili ed è diventata un supporto fondamentale per la gestione sul territorio dei programmi di produzione integrata. La piattaforma informatica, sino ad ora utilizzata, si è peraltro dimostrata non adatta a questo nuovo assetto organizzativo e di conseguenza ci si è dovuti adattare con inevitabili perdite di efficienza. Sostanzialmente i programmi informatici erano impostati per elaborazioni puntiformi sui singoli modelli e quindi, operando su scala territoriale, le operazioni dovevano essere sempre ripetute su più punti e replicate per i diversi modelli.

A partire dalla fine del 2002 è stata avviata la messa a punto di una nuova soluzione, denominata *FitoSPA* (Sistema di previsione e avvertimento fitosanitario), che prevede la realizzazione di un sistema informativo finalizzato a migliorare l'acquisizione e il controllo dei dati meteorologici nonché l'elaborazione automatica, di notte senza controllo umano, di tutti i modelli sull'epidemiologia dei parassiti per l'intero territorio regionale. *FitoSPA* prevede, inoltre, la validazione degli output ottenuti attraverso controlli incrociati tra i diversi punti elaborati e i relativi riferimenti storici, autorizzandone poi l'inserimento automatico sulla rete internet. Questo sistema, infine, consente di generare mappe degli output ottenuti e la relativa archiviazione e gestione di tutti i dati prodotti.

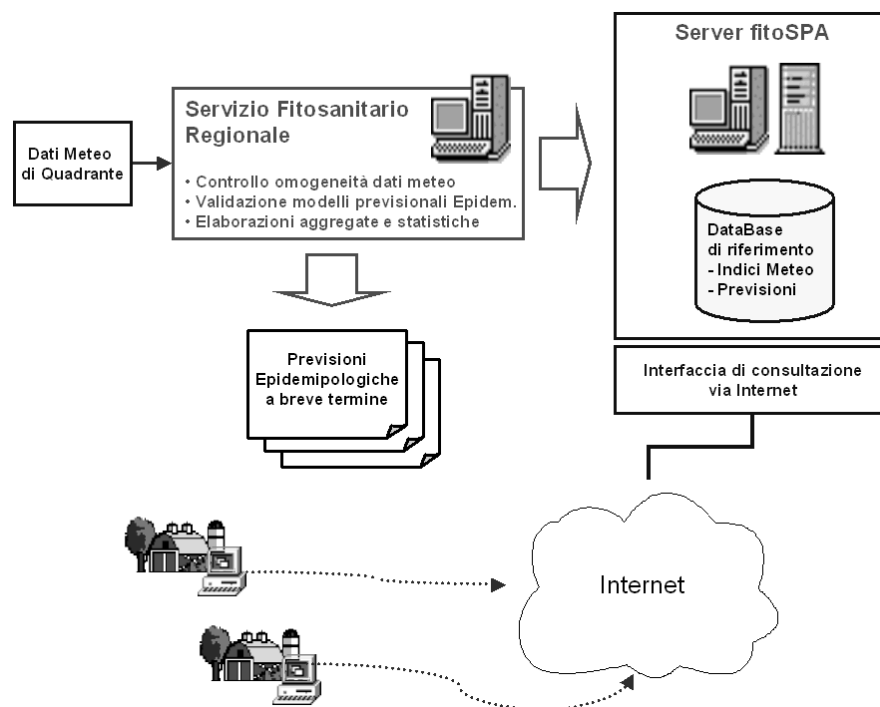


Fig. 1 - Modello organizzativo del sistema FitoSPA
Fig. 1 - *FitoSPA*-system organization

Nuova organizzazione nella gestione del sistema informativo

Le considerazioni che stanno alla base delle scelte progettuali del modello organizzativo del sistema *FitoSPA* (Fig. 1) sono:

- In Emilia-Romagna sono in uso numerosi modelli previsionali in grado di simulare l'evoluzione epidemiologica delle principali avversità parassitarie delle colture
- *Puccinia recondita* f. sp. *tritici*, *Erysiphe graminis*, *Plasmopara viticola*, *Peronospora destructor*, *Peronospora infestans*, *Venturia inaequalis*, *Stemphylium vesicarium*, *Erwinia amylovora*, *Lobesia botrana*, *Cydia pomonella*, *Cydia molesta*, *Pandemis cerasana*, *Argyrotaenia pulchellana*, *Cydia funebrana* del susino; in fase di sviluppo: *Leptinotarsa decemlineata*, *Anarsia lineatella*, *Cacopsylla pyri*, Afidi delle colture orticole, *Liriomyza huidobrensis*, *Uncinula necator*, *Botrytis cinerea*, *Taphrina deformans*, *Septoria nodorum* e *Fusarium* del frumento
- In Emilia-Romagna è attiva una rete di rilevamento meteo regionale, che divide il territorio in quadranti, in grado di essere configurata come il fornitore, a monte, di dati precisi e validati.
- Il Servizio Fitosanitario Regionale ha il ruolo di centro di coordinamento, detto "Centro Redazionale"; ed acquisisce i dati meteo di quadrante eseguendo due tipi di validazione:
 - regolarità dei dati disponibili. E' previsto infatti che ogni parametro meteo sia fornito con una certa frequenza (oraria, giornaliera etc) ed il sistema di acquisizione dati si incaricherà di notificare automaticamente eventuali irregolarità.
 - omogeneità dei dati. Utilizzando il servizio che presenta i dati meteo per quadrante ad una certa data, i tecnici del Servizio Fitosanitario Regionale potranno avere rapidamente la situazione relativa a quadranti anomali ed, eventualmente, indagare riguardo ai dati di dettaglio.

- omogeneità dei dati. Utilizzando il servizio che presenta i dati meteo per quadrante ad una certa data, i tecnici del Servizio Fitosanitario Regionale potranno avere rapidamente la situazione relativa a quadranti anomali ed, eventualmente, indagare riguardo ai dati di dettaglio.

In entrambi i casi il "Centro Redazionale" si limiterà a segnalare le anomalie al fornitore di informazioni il quale sarà responsabile delle necessarie correzioni mediante procedure di ricostruzione dei dati mancanti o altre soluzioni.

- Il "Centro Redazionale" elaborerà in locale i modelli previsionali ottenendo le previsioni epidemiologiche a breve termine, le validerà per poi trasmetterle ad un servizio consultabile via Internet.

Architettura del sistema

Il sistema prevede una architettura distribuita con i seguenti nodi: un fornitore di dati meteo di dettaglio per quadrante, un centro di coordinamento che elabora i modelli previsionali e ne valida gli output e un server (locale al centro di coordinamento e remoto ad esso) che pubblica i servizi di consultazione per gli utenti via internet.

I nodi di sistema e le macrofunzioni dei software installati

Ognuno dei tre nodi previsti nel sistema *FitoSPA* ricopre una serie di ruoli grazie alla disponibilità di adeguati supporti informatici. In sintesi:

- Il fornitore di dati meteo esporta al sistema *FitoSPA* dati meteo di dettaglio per ogni quadrante in *file repository* comune.

- Il “Centro Redazionale” mediante il servizio di *Meteo Data Loader* alimenta il database di riferimento importando automaticamente quanto inviato dal *fornitore* ed eseguendo i controlli relativi alla completezza delle serie storiche disponibili in base alla frequenza di aggiornamento attesa per ogni parametro.
- Presso il “Centro Redazionale” è inoltre installato *Personal FitoSPA*: lo strumento client del database meteo di riferimento. Eseguce i modelli per quadrante in modo automatico senza operatore per gruppi di quadranti (modalità batch), produce output di servizio per i tecnici del Centro ed esporta al database meteo gli indici numerici dei modelli e i relativi grafici.
- Il server che eroga i servizi internet (locale o remoto al “Centro Redazionale”) ospita *Net FitoSPA*, un software che raggruppa i servizi per restituzione dei risultati dei modelli e per l’interrogazione delle basi dati meteo.

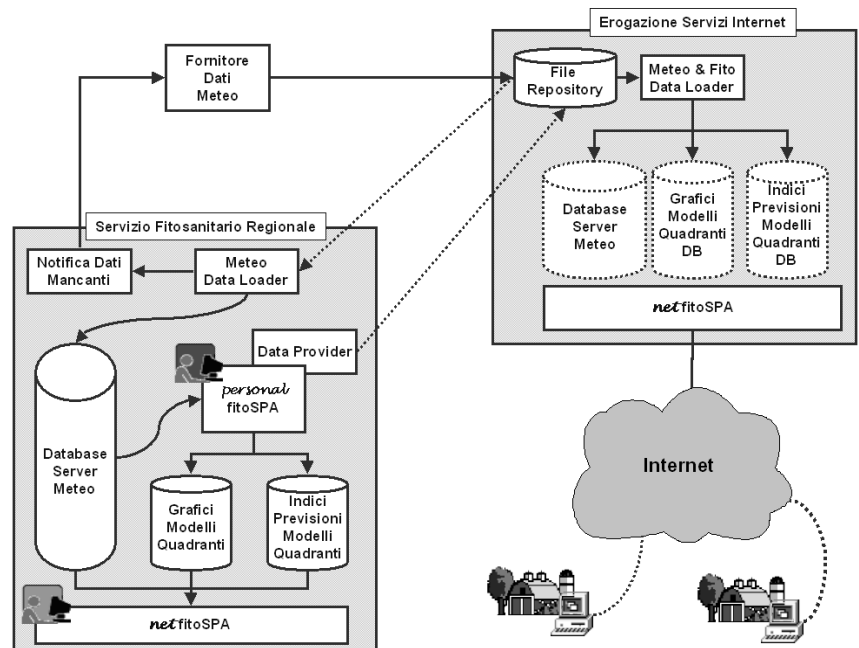


Fig. 2 - Modello organizzativo del sistema FitoSPA nel caso in cui i servizi internet risiedono su un altro server

Fig. 2 - FitoSPA-system organization in case the internet services are localized on an other server

Modello organizzativo e strumenti disponibili

Il modello di riferimento di *FitoSPA* prevede due tipologie di computer:

- Il *Meteo Database Server* che ospita i database meteo di dettaglio, gli indici epidemiologici di previsione per quadrante con i relativi output grafici associati, i servizi di “*Data Loader*” per i dati esportati sia dal fornitore di dati meteo sia da *Personal FitoSPA* ed i servizi *Net FitoSPA* per l’interrogazione locale delle basi dati di riferimento e la validazione preventiva degli output per gli utenti finali.
- Uno o più *Personal computer* client che ospitano il *Personal FitoSPA*; tali computer hanno la funzione di accedere ai dati meteo, eseguire i modelli previsionali, validarli ed eventualmente esportarli a *Net FitoSPA*. Qualora il *Meteo Database Server* non sia fisicamente la macchina che eroga anche i servizi Internet di consultazione per gli utenti finali, il *personal computer* ospiterà anche un modulo chiamato *FitoSPA Data Provider*, che si occupa della esportazione delle strutture dati validate in locale presso il “*Centro Redazionale*” al server che eroga i servizi Internet. Schematicamente la quotidianità del lavoro presso il “*Centro Redazionale*” ha la seguente operatività:
- L’importazione dei dati meteo di dettaglio provenienti dal fornitore di informazioni è eseguita automaticamente dal servizio di *Meteo Data Loader* che notifica via e-mail l’esito delle proprie attività e

consente la verifica della completezza delle serie storiche meteo.

- La verifica della omogeneità dei dati meteo è supportata da carte tematiche regionali e serie storiche per quadrante dai servizi *Net FitoSPA*.
- La esecuzione dei modelli previsionali per quadrante e controllo degli output di dettaglio è eseguita con il *Personal FitoSPA*
- La validazione degli indici di previsione è supportata da carte tematiche regionali e da serie storiche per quadrante dai servizi *Net FitoSPA*.
- L’eventuale invio degli output dei modelli previsionali al server Internet (*FitoSPA Data Provider*) è integrato in *Personal FitoSPA*. Nel caso invece i modelli non abbiano superato la fase di validazione l’operatività tornerà alle verifiche di dettaglio precedentemente previste.

Nella configurazione in cui i servizi internet risiedono su un server terzo questo dovrà ospitare una copia di tutti gli archivi meteo e fito validati presso il “*Centro Redazionale*” e tutti i servizi *Net FitoSPA*. La Figura 2 schematizza questa ultima tipologia di configurazione del sistema. In sintesi:

- Il fornitore di dati meteo esporta i dati in una directory condivisa via internet (*File Repository*)
- I due server *Net FitoSPA* (quello che eroga i servizi internet e quello locale al “*Centro Redazionale*”) mediante il *Meteo Data Loader* alimentano automatica-

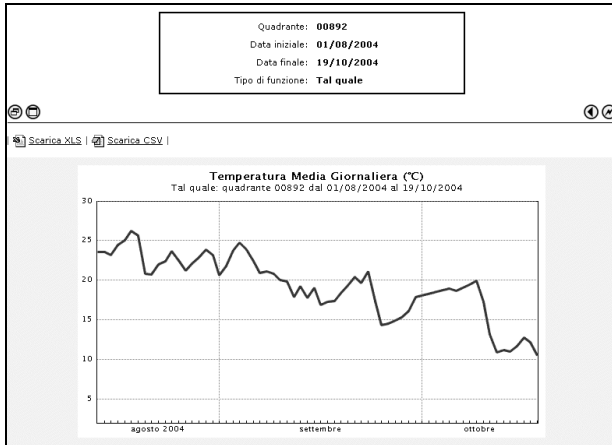


Fig. 3 - Rappresentazione grafica di serie storiche dei parametri climatici

Fig. 3 - *Graphic representation of the climatic parameter historical series*

Data	Precipitazione Oraria (mm)	Temperatura Massima Giornaliera (°C)	Temperatura Media Giornaliera (°C)	Temperatura Minima Giornaliera (°C)	Umidità Media Oraria (%)
14/08/2004	0,00	29,70	23,60	17,50	64,46
15/08/2004	0,00	30,30	23,60	17,00	59,17
16/08/2004	0,00	30,20	23,20	15,90	63,83
17/08/2004	0,00	30,70	24,50	17,90	63,17
18/08/2004	0,00	31,40	25,10	18,50	64,25
19/08/2004	0,00	32,80	26,30	19,00	61,92
20/08/2004	0,00	32,30	25,70	20,30	58,96
21/08/2004	2,80	26,00	20,90	16,30	65,46
22/08/2004	0,00	28,60	20,80	13,00	60,46
23/08/2004	0,00	29,60	22,00	14,30	63,25
24/08/2004	0,00	28,30	22,40	17,70	66,21
25/08/2004	0,00	28,80	23,70	17,80	60,00

Fig. 4 - Rappresentazione tabellare di serie storiche dei parametri climatici

Fig. 4 - *Tabular representation of climatic parameter historical series*

mente i rispettivi database. L'installazione presso la "Centro Redazionale" notifica automaticamente al fornitore di dati meteo eventuali anomalie relative alla continuità delle serie storiche.

- Il personale del "Centro Redazionale" controlla tramite mappe tematiche l'uniformità dei dati meteo su scala regionale. Nel caso il fornitore di informazione debba rispedire i dati di due server *Net FitoSPA* si aggiorneranno automaticamente.
- Il tecnico del "Centro Redazionale" elaborano gli output dei modelli previsionali che esportano alla propria installazione di *net FitoSPA* per una consultazione in locale e, solo quando sono validati sono inviati anche alla installazione che li pubblica via internet (in alternativa possono essere inviati alla installazione internet in modalità *non pubblicabile* e successivamente rilasciati agli utenti).

Scelte tecnologiche

Una prima quantificazione delle informazioni trattate include i seguenti parametri:

- 486 quadranti meteo
- 535.455 file/anno importati dal fornitore di dati meteorologici
- 4.283.640 registrazioni/anno relative ai dati meteo orari sui diversi quadranti
- 178.485 registrazioni/anno relative agli indici meteorologici giornalieri sintetici sui diversi quadranti
- 2.320.305 simulazioni/anno relative ai primi 13 modelli epidemiologici, sui 486 quadranti

La gestione di tali volumi di dati richiede una infrastruttura tecnologica di livello *enterprise* che però deve tenere conto della necessità di contenere i costi di esercizio e garantire adeguatamente gli investimenti sostenuti.

Necessità tecnologiche e vincoli di progetto hanno indirizzato le seguenti scelte:

- Il database meteo (e conseguentemente anche quello che erogherà i servizi internet) è implementato per il DBMS PostgreSQL installato su sistema operativo

SuSE Linux. Il database offre le caratteristiche di un database enterprise senza costi di acquisto e con licenza BSD. Entro il 2004 è previsto il rilascio del DBMS PostgreSQL anche per sistemi operativi Microsoft Windows garantendo la portabilità del sistema.

- Tutti i prodotti e servizi residenti sul database (*Meteo Data Loader e Net FitoSPA*) sono scritti in linguaggio Java rendendoli così indipendenti dal sistema operativo del server. *Application server* e *web server* sono rispettivamente Jboss e Apache entrambi prodotti di livello *enterprise* disponibili senza costi di licenza.
 - I prodotti per personal computer (*personal FitoSPA*) sono sviluppati per sistema operativo Microsoft Windows NT/2000/XP ed accederanno al database server via ODBC su rete locale. L'architettura del programma prevede che ogni modello di previsione sia un modulo autonomo che possa essere installato/disinstallato con procedure guidate. In questo modo si garantisce una modularità del sistema anche a livello di algoritmi di stima utilizzati.
- Una ulteriore caratteristica di *personal FitoSPA* è quella di potere configurare quadranti esterni al sistema regionale da utilizzare come quadranti di test per la messa a punto di modelli previsionali sperimentali.

Il sistema *FitoSPA* è chiaramente progettato per il modello organizzativo dell'Emilia-Romagna ma una serie di sue peculiarità, che diverranno più esplicite in corso d'opera, lo possono rendere utilizzabile anche in altri contesti territoriali. Per esempio la prossima disponibilità di PostgreSQL per sistemi Windows e le caratteristiche multiplatforma dei servizi Java consentirà di configurare tutto il sistema su una sola workstation con sistema operativo Microsoft Windows opportunamente potenziata. Tale installazione potrà servire per la gestione di piccole serie storiche a scopo di ricerca.

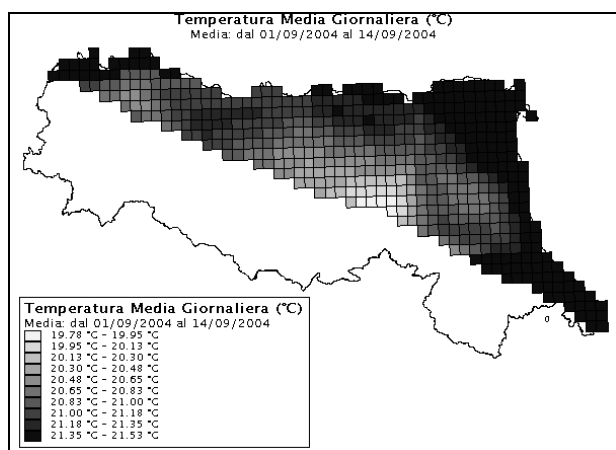


Fig. 5 - Cartina della regione Emilia-Romagna con la retinatura dei quadranti meteo e i tematismi selezionati

Fig. 5 - Emilia-Romagna regional map with represented network of meteorological squares and selected themes

Prodotti e servizi attesi

Fondamentalmente il modello organizzativo di FitoSPA individua due tipologie di utenti :

I tecnici impegnati nella validazione dei modelli previsionali

I fruitori dei modelli previsionali

I primi utilizzano tutti i prodotti previsti dal sistema mentre i secondi solo alcune funzionalità disponibili via internet. Ne segue che, dal punto di vista dell'utenza, i principali prodotti sono :

Personal FitoSPA

Strumento di lavoro quotidiano per i tecnici impegnati nella generazione e validazione degli output dei modelli previsionali. Per ogni modello e per ogni quadrante genera serie di tabelle numeriche e grafici relativi alla stima del progredire delle epidemie. Al momento della scrittura di questa nota il programma è in fase di sviluppo.

Net FitoSPA

Eroga i servizi relativi al monitoraggio climatico regionale ed alle previsioni epidemiologiche.

Al primo gruppo appartengono due servizi già operativi:

- Serie storiche dei parametri climatici per quadrante. E' utilizzato per esplorare i dati di dettaglio di in certo quadrante per un certo range di date. Il servizio offre un output grafico (Fig. 3, un parametro per volta) o tabellare (Fig. 4, più parametri a confronto) calcolando medie giornaliere o sommatorie cumulate. Si ha inoltre la possibilità di esportare i dati sul proprio computer in formato CSV o Microsoft Excel.
- Distribuzione geografica dei parametri meteo. Il servizio consente di avere una vista d'insieme regionale relativamente ad un dato parametro climatico (Fig. 5). In questa mappa ogni quadrante è un oggetto cliccabile che riporta al report relativo alle serie storiche di quadrante della figura 3.

Al secondo gruppo appartengono due servizi già operativi:

- Modelli di previsione. Il servizio consente di visualizzare gli output dei modelli previsionali in associazione con dati climatici di riferimento. L'output grafico genera un grafico avente sull'asse x la serie temporale di validità della previsione e tante serie di dati (asse y) pari al numero di parametri stimati e al numero di indici meteo richiesti mentre quello tabellare genera una tabella con tante righe quanti sono i giorni di validità del modello e tante colonne quanti sono i parametri ed indici climatici richiesti.
- Distribuzione geografica di parametri epidemiologici previsti. Fornisce mappe di rischio relative a tutti i parametri dei modelli stimati potendo rappresentare uno o più parametri epidemiologici scelti anche da diversi modelli. All'utente viene presentata la cartina della regione Emilia-Romagna (Fig. 5) con la retinatura dei quadranti meteo e i tematismi selezionati. Per ogni parametro selezionato saranno generate retinature diverse secondo classi di valori e ogni quadrato avrà la somma delle retinature proprie dei singoli parametri.

Conclusioni

Il "Sistema di previsione e avvertimento" costituisce ormai un imprescindibile punto di riferimento nel sistema organizzativo che supporta l'applicazione della difesa integrata delle colture in Emilia-Romagna. Vincente è stata la soluzione organizzativa che prevede il funzionamento di un "Centro Redazionale" con il compito di elaborare i dati previsionali sullo sviluppo delle avversità e garantirne la conseguente diffusione sul territorio. Il sistema adottato è sicuramente efficace, ma occorre ora migliorarne l'efficienza. Il lavoro intrapreso è particolarmente complesso e articolato, ma è forte la convinzione di poter disporre, nel medio periodo, di una struttura ed un assetto organizzativo funzionale e replicabile.

L'architettura del sistema FitoSPA è fortemente legata al modello organizzativo che supporta i flussi informativi esistenti, in primo luogo la suddivisione del territorio regionale in quadranti e la disponibilità regolare di dati meteo per ognuno di essi.

Fissati questi due vincoli di progetto il sistema FitoSPA può dirsi trasferibile in realtà diverse da quella della Regione Emilia-Romagna. A tale proposito va detto che il database di riferimento è stato progettato in modalità multiregionale e multifornitore di dati meteo e che, se all'origine si dispone di dati climatici distribuiti sul territorio in modo continuo, è sempre possibile convertirli a quadranti secondo il modello FitoSPA.

Queste considerazioni evidenziano come il sistema possa essere integrato con modelli organizzativi di origine diversa da quello dell'Emilia-Romagna, condividendo così esperienze e strumenti di supporto al fine di migliorare efficienza ed efficacia.