

Utilizzo di un GIS per lo studio e la gestione della metapopolazione di un lepidottero defogliatore nel Parco Nazionale d'Aspromonte

Francesco MANTI, Gianni GILIOLI

Dipartimento GESAF, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, Piazza S. Francesco da Sales, 4 - 89061 Gallina di Reggio Calabria. francesco.manti@unirc.it.

Riassunto

Obiettivo del lavoro è quello di presentare i contenuti metodologici e i risultati preliminari di una esperienza di sviluppo di un SIT per la gestione di un insetto defogliatore forestale, la processionaria del pino, nel Parco Nazionale d'Aspromonte (RC). La dinamica di metapopolazione dell'insetto, dannoso per l'economia forestale e alla salute umana e animale, è stata analizzata tramite un campionamento intensivo durato 3 anni. I dati raccolti hanno consentito di generare una dettagliata rappresentazione della dinamica della specie parassita. L'utilizzo di tecniche di analisi spaziale integrate in un GIS ha permesso l'elaborazione di mappe di rischio fito-sanitario e igienico-sanitario che consentono la valutazione a livello comprensoriale dell'impatto del parassita. Lo sviluppo di modelli matematici e statistici finalizzati alla valutazione comparativa di strategie di intervento e alla elaborazione di scenari futuri di infestazione, il cui output è gestito dal GIS, sono il presupposto per la creazione di un Sistema di Supporto Decisionale (DSS) con il quale procedere alla gestione razionale delle strategie di controllo del fitofago considerato.

Abstract

This work presents methodological content and preliminary results related to the development of a GIS for the management of a forest pest, the pine processionary moth, in the Aspromonte National Park, Calabria, Italy. The insect is dangerous to the forest economy and causes allergic reaction in human and animal, its metapopulation dynamics has been analyzed through an intensive three years sampling. The data collected allowed a detailed representation of the pest dynamics. The use of spatial analysis integrated into a GIS has permitted the elaboration of risk maps at forest district level for the evaluation the pest impact on forest and human as well as animal health. In order to develop a Decisional Support System (DSS) mathematical and statistical models have been proposed for the comparative evaluation of intervention strategies and elaboration of future scenarios of infestation. These DSS components are under implementation in the GIS environment to support the definition of rational control strategies for the management of the pest.

Introduzione

I SIT stanno assumendo un ruolo sempre più importante come strumenti a supporto della gestione delle popolazioni di insetti nocivi alla economia e alla salute umana (Liebhold et al., 1993). In particolare, essi rappresentano un ausilio fondamentale nel caso dei popolamenti di insetti dannosi alle essenze forestali vista l'importanza di gestire informazioni spazializzate in ambienti di notevole estensione, caratterizzati da un'esposizione al rischio d'attacco fortemente eterogeneo (Barry Lyons et al., 2002). Esperienze compiute in tal senso sono comuni in alcune Nazioni tra cui gli USA e il Canada principalmente su lepidotteri (Allen et al., 1986, Barry Lyons et al., 2002), mentre molto poco si è fatto per quanto concerne il nostro Paese. Obiettivo generale di questo lavoro è quello di presentare i contenuti metodologici e i risultati preliminari di una esperienza di sviluppo di un SIT per la gestione di un insetto defogliatore forestale, la processionaria del pino (*Traumatocampa pityocampa* (Den. & Schiff.)) nel Parco Nazionale d'Aspromonte.

La processionaria del pino è un lepidottero che vive e si riproduce principalmente a spese di alcune specie appartenenti al genere *Pinus*. Le sue infestazioni allo stadio larvale costituiscono un problema non solo per la pineta ma anche per i fruitori di questo ambiente o per chi contrae rapporto con singole piante infestate dell'arredo urbano. La causa sono delle setole urticanti, liberate nell'ambiente da alcuni stadi giovanili dell'insetto, responsabili di reazioni allergiche a carico dell'uomo e di vari animali. La specie è biologicamente poco nota e l'approccio scientifico si è solo sporadicamente rivolto all'acquisizione di quelle nozioni necessarie alla comprensione e al modellamento delle strategie vitali del fitofago e della dinamica delle sue popolazioni. Per quanto concerne in particolare quest'ultimo aspetto, la frammentazione della risorsa forestale e le possibilità diffusive legate solo allo stadio adulto fanno sì che, nell'area indagata come nella maggior parte dell'areale distributivo della specie, la specie sia caratterizzata da una dinamica di metapopolazione. Una specie che manifesta una dinamica di questo tipo è caratterizzata da una serie di sottopopolazioni o popolazioni locali, spazialmente strutturate, che sono interconnesse fra loro da flussi di individui ed interessate da fenomeni naturali di estinzione e ricolonizzazione (Levins, 1969; Hanski, 1999). Nella ecologia di metapopolazione, un *patch* è definito come l'area di spazio continua con tutte le risorse necessarie per la persistenza di una popolazione locale (Hanski, 1999). L'ecologia di popolazioni della processionaria del pino deve quindi essere indagata alla luce dei modelli che si riferiscono alla teoria delle metapopolazione. Anche i problemi connessi alle sue pullulazioni devono cercare soluzione all'interno di strategie di management che intervengano a livello comprensoriale e che considerino l'eterogeneità distributiva dei *patch*, la loro qualità e importanza, il grado di infestazione e l'impatto che questa ha localmente e globalmente sulla economia e sulla salute umana dell'area di studio e management. A tale scopo è stato sviluppato un approccio multidisciplinare, di cui si riportano in questa sede gli elementi qualificanti, finalizzato:

- (i) a rappresentare in modo dettagliato la dinamica della specie parassita a partire da dati di un campionamento intensivo condotto su un vasto territorio per un periodo di 3 anni consecutivi;
- (ii) a indagare la dinamica di popolazioni dell'insetto e le possibili conseguenze degli interventi di controllo a partire dalle più moderne acquisizioni della ecologia di popolazioni di insetti e dai risultati di elaborazioni statistiche e numeriche condotte a partire da modelli matematici che rappresentano l'evoluzione della infestazione;
- (iii) a procedere alla integrazione tra conoscenze e simulazioni della dinamica della specie monitorata e lo stato della risorsa vegetale su cui questa esplica la sua attività trofica, al fine di disporre di mappe di rischio di infestazione, presupposto queste per l'elaborazione di strumenti a supporto delle decisioni per il management degli interventi di controllo.

Materiali e metodi

Area di studio. Il Parco Nazionale d'Aspromonte occupa quasi per intero il tratto più meridionale della Calabria. Le formazioni forestali a *Pinus* prese in esame nel presente studio appartengono nella quasi totalità a due categorie di popolamenti forestali: le foreste mediterraneo-montane caratterizzate dalla dominanza di specie endemiche del ciclo di *Pinus nigra* ssp. *calabrica* (= *Pinus laricio* var. *calabrica*) e i rimboschimenti di conifere. Il comprensorio forestale oggetto di studio, con copertura a *Pinus* spp. discontinua e interessato da una dinamica di metapopolazione della Processionaria, è stato definito come un'area posta all'interno del Parco Nazionale d'Aspromonte che percorre il versante tirrenico dell'Appennino calabro, delle dimensioni complessive di 817 ha con asse maggiore, orientato da Sud-Ovest a Nord-Est, lungo circa 25 km.

Il rilevamento cartografico di dettaglio delle aree boschive è stato effettuato attraverso una fase preliminare di raccolta di dati storici presso vari Enti (Corpo Forestale dello Stato, Ex ASFD, AFoR e Ente Parco Nazionale d'Aspromonte), con l'estrapolazione dei dati di uso reale del suolo elaborati nell'ambito del progetto *Corine Land Cover*, con la fotointerpretazione digitale di foto aeree a colori, con rilievi in campo per la mappatura di dettaglio dei *patch* con ausilio di attrezzatura GPS e, infine, attraverso una fotointerpretazione correttiva sulla base dei dati rilevati e dell'esperienza

acquisita in campo. Il censimento delle aree interessate ha portato alla delimitazione topografica dei *patch* su supporto informatico ed una loro successiva analisi quali-quantitativa.

Disegno di campionamento. L'indagine di campo è stata condotta nel corso di 3 anni (2003 – 2005). Il campionamento è stato effettuato in quasi tutti i *patch* ricadenti del comprensorio prima definito. Considerazioni relative alle dimensioni delle superfici oggetto di monitoraggio, alla loro accessibilità, alla densità del soprassuolo e al grado di infestazione hanno poi determinato l'esclusione di alcuni *patch* dall'insieme di quelli presenti e monitorati.

Il monitoraggio del volo degli adulti tramite catture con trappole imbuto a feromoni è stato organizzato seguendo un disegno gerarchico a 3 livelli spaziali costituito da: nodi entro sito, siti entro *patch* e *patch* entro area (o comprensorio). L'unità campionaria è rappresentata dalla singola trappola posta su un albero (nodo). L'insieme di 3 nodi, distanti 100 m, posti ai vertici di un triangolo equilatero costituisce un sito. Sono stati monitorati 69 siti all'interno di 32 diversi *patch*. Il numero totale di nodi è pertanto di 207. Le trappole opportunamente collocate sono state georeferenziate e controllate a cadenza settimanale per l'intero periodo dei voli (da giugno a settembre di ogni anno) contando il numero di adulti maschi catturati.

Gli stadi larvali sono organizzati in aggregati che danno luogo a formazioni complesse che evolvono, nel corso della stagione autunno-vernina, da prenidi a nidi. Queste strutture sono state monitorate in opportuni transetti costituiti da una fila di 25 alberi contigui posti, quando possibile, in corrispondenza dei siti. Non per tutti i siti è stato possibile definire e monitorare l'abbondanza degli stadi larvali. Nei transetti individuati per ogni albero e per ogni osservazione, si è contato il numero di prenidi/nidi. Il disegno gerarchico a 3 livelli in questo caso è quindi definito dalle piante entro transetto, dai transetti entro *patch* e dai *patch* entro area (comprensorio). Campionamenti condotti in alberi contigui al transetto hanno consentito di definire la distribuzione della numerosità larvale per aggregato in funzione della dimensione dei nidi e della progressiva evoluzione del nido nel corso del tempo (per effetto della mortalità e della tendenza alla fusione di aggregati diversi).

GIS e geostatistica. Per la costruzione del Sistema Informativo Territoriale sono stati inizialmente omogeneizzati i riferimenti geografici di una serie di studi di settore effettuati da Enti pubblici territoriali (Regione Calabria, Parco Nazionale d'Aspromonte, Provincia, Arssa e ArpaCal). Le basi cartografiche alle quali si è fatto riferimento sono state: gli elementi in scala 1:50.000, dell'IGMI, le ortofoto a colori CGRA, il modello digitale del terreno con passo 20 metri e le basi amministrative di fonte ISTAT. L'articolazione delle elaborazioni prodotte dai diversi Enti Territoriali, in sintesi, è stata la seguente: carta degli ambienti insediativi (limiti amministrativi, centri urbani, idrografia, viabilità, ecc.) e carta delle risorse forestali (carta della vegetazione reale e potenziale, delle categorie forestali, della naturalità della vegetazione, ecc.). Questi tematismi, opportunamente rielaborati ed integrati da elaborazioni originali volte a favorire l'immediatezza della reperibilità delle informazioni, sono andate a costituire il secondo strato informativo. Gli strati informativi originali creati per il supporto delle attività di monitoraggio in campo hanno riguardato, tra le altre cose, la mappatura mediante fotointerpretazione delle aree a *Pinus* oggetto di monitoraggio, il rilevamento delle trappole per la cattura degli adulti e il rilievo topografico dei transetti per il monitoraggio dei nidi. Tutte le informazioni sono state georeferenziate con strumentazione GPS. È stato altresì elaborato il modello digitale del terreno (DTM) per la realizzazione di carte derivate (pendenze, fasce altimetriche, esposizioni e curve di livello). Le entità territoriali e le loro relazioni, la raccolta dei dati sulla abbondanza della specie nociva e sullo stato vegetativo delle piante ospiti, strutturate in file organizzati ed archiviati in un sistema che ne ha garantito la gestione, hanno costituito il database geografico o geodatabase. L'applicazione di tecniche geostatistiche di interpolazione spaziale dei dati (Liebhold et al., 1993), ha fornito un supporto integrativo per una più completa interpretazione della dinamiche di popolazione dell'insetto. Infatti dai dati puntiformi relativi alle variabili campionarie si è ricavata una rappresentazione continua della densità media per *patch*, sia per le aree campionate sia per quelle non monitorate. L'interpolazione è stata ottenuta con la tecnica del *kriging*, partendo dal semivariogramma calcolato con il modello sferico.

Risultati

Dinamica di popolazione e scelta della variabile di stato. La dinamica delle catture degli adulti è caratterizzata da livelli di abbondanza non elevati in rapporto a quanto osservato in zone del Parco Nazionale d'Aspromonte nello stesso periodo d'indagine che non ricadevano nell'area studiata nel presente lavoro (Manti, 2006). A fronte delle limitate catture è stato comunque possibile mettere in evidenza l'andamento tipico della dinamica dei voli della specie. Un'analisi approfondita delle proprietà di tali curve di volo è riportata in Manti (2006), nello stesso lavoro si analizzano anche i possibili effetti di fattori biotici e abiotici sulla variazione dell'abbondanza di adulti.

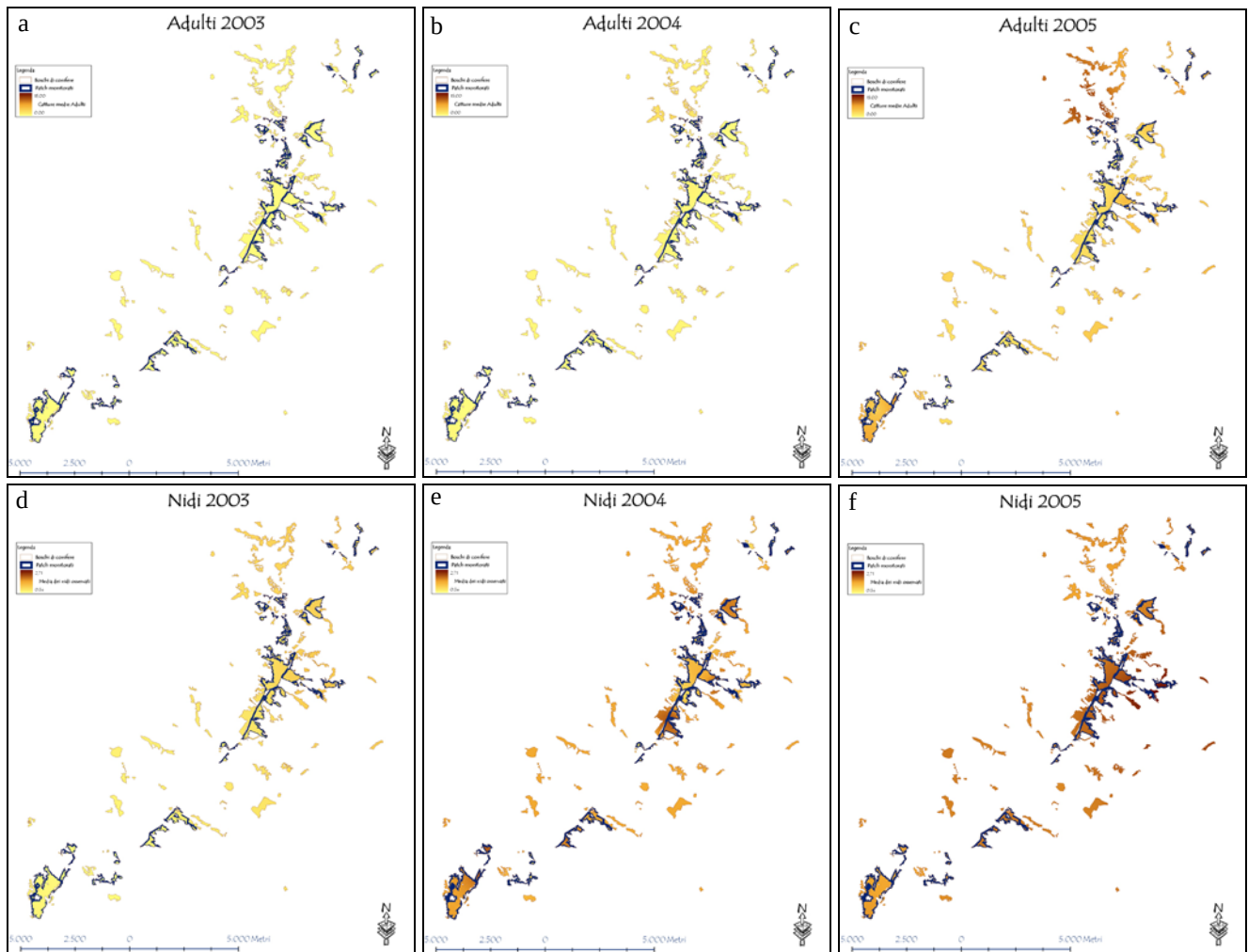


Figura 1 - Variazione spazio-temporale dell'abbondanza dello stadio adulto (a, b, c) e larvale (d, e, f) negli anni 2003, 2004, 2005. I dati campionari sono stati interpolati spazialmente con la tecnica del kriging.

L'analisi dei dati relativi al numero di nidi per pianta ha evidenziato un considerevole aumento del numero dei nidi avvistati passando dall'anno 2003 all'anno 2005; si è quindi di fronte ad una possibile fase di crescita della popolazione. Poiché le abbondanze degli adulti e dei nidi non si presentano tra loro correlate nei livelli di risoluzione spaziali indagati (Manti, 2006) e poiché è logico attendersi che l'abbondanza di catture sia legata all'abbondanza larvale, ne deriva che le catture non sono un buon stimatore dell'abbondanza dell'insetto. Pertanto si è ritenuto necessario fare riferimento agli aggregati, che stadi larvali costituiscono su ogni singola pianta, per definire la variabile di stato del sistema. Tale variabile è utilizzata ai fini dello sviluppo di protocolli e reti di monitoraggio dell'insetto, per la definizione dell'intensità di attacco alla risorsa forestale, per la elaborazione di strumenti descrittivi e previsionali della dinamica di popolazione della processionaria utili alla gestione di questo parassita.

GIS e applicazione di analisi geostatistiche. Il Sistema Informativo Territoriale, tuttora in corso di sviluppo, è risultato strutturato in modo gerarchico su strati complementari comprendenti: cartografia di base, studi settoriali, tematismi creati nella realizzazione della presente ricerca ed infine mappe di sintesi. Per quanto concerne in specifico gli strati informativi relativi alla processionaria questi fanno riferimento a quattro aspetti fondamentali.

(a) *Creazione di mappe di distribuzione dell'abbondanza.* L'abbondanza media per *patch* dell'insetto allo stadio di adulto (Fig. 1a-c) e larvale (Fig. 1d-f) è stata rappresentata per i *patch* monitorati ed estrapolata ai *patch* non campionati tramite un'interpolazione condotta con tecniche di *kriging*. L'analisi spazio-temporale della densità dell'insetto consente di valutare il suo grado di eterogeneità distributiva e il progressivo incremento numerico delle sue popolazioni a partire da alcuni *patch*, come evidente nel 2004 (Fig. 1e), fino ad irradiarsi a quasi tutto il comprensorio (Fig. 1f). Da notare è anche il relativo disaccoppiamento spaziale dell'incremento delle popolazioni di adulti (Fig. 1b,c) rispetto a quelle larvali (Fig. 1e,f).

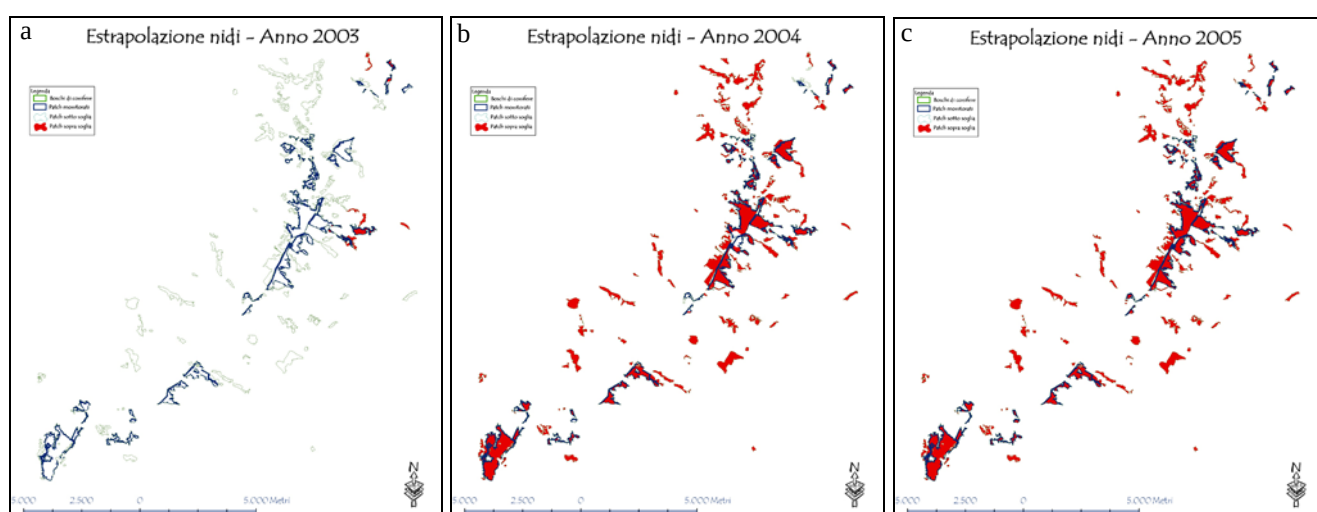


Figura 2 - Carte di rischio fito-sanitario elaborate in riferimento alla abbondanza della processionaria del pino e alla distribuzione di pinete nel comprensorio forestale indagato all'interno del Parco Nazionale d'Aspromonte.

(b) *Creazione di mappe di rischio.* I dati raccolti sulla variazione spazio-temporale dell'abbondanza dello stadio larvale e sulla distribuzione e stato vegetativo delle piante ospiti (*Pinus* spp.) sono stati poi integrati nel GIS al fine di caratterizzare e mappare i modelli di distribuzione per la successiva definizione di carte di rischio fitosanitario e igienico-sanitario. Le prime (Fig. 2) si basano sulla definizione di un'opportuna soglia di danno (Manti, 2006) e sul confronto tra questa e l'abbondanza rilevata. In questo modo ciascun *patch* è stato classificato come sotto-soglia (stato 0) o sopra-soglia (stato 1). L'interpolazione tramite *kriging* ha permesso di estendere la classificazione anche ai *patch* non monitorati. In Fig. 2 risulta evidente come all'incremento della densità osservato nel passaggio dal 2003 al 2004 corrisponda una variazione in quasi tutti i *patch* dallo stato 0 (Fig. 2a) passano allo stato 1 (Fig. 2b). L'infestazione si mantiene sopra-soglia anche nel 2005 (Fig. 2c). In analogia a quanto finora sviluppato per le carte fito-sanitarie sono in corso di sviluppo carte di rischio igienico-sanitario. La loro definizione è però più complessa in quanto oltre all'abbondanza del fitofago è necessario tener conto delle probabilità di contatto tra insetto e le popolazioni umane, contatto che può derivare sia dalla presenza di insediamenti abitativi sia dalla semplice fruizione del bosco per motivi turistici o ricreazionali.

(c) *Valutazione comparativa di strategie di management.* L'elaborazione di carte di rischio è il presupposto per la gestione degli interventi. Dovendo però intervenire in aree di notevole ampiezza ci si trova di fronte al problema di come allocare un pool limitato di risorse per il controllo. A tal fine è stato sviluppato un metodo basato sull'utilizzo congiunto di un modello di metapopolazione e

della teoria dell'informazione per descrivere le conseguenze a livello locale (singolo *patch*) e a livello globale (l'insieme dei *patch*) di diverse opzioni di management legate al numero, alla distribuzione spaziale e alla dimensione dei *patch* interessati dai trattamenti (Bodini et al., 2006; Gilioli et al., 2006; Manti, 2006). Il metodo si è dimostrato estremamente utile nel guidare una valutazione dei costi e benefici associati alle diverse strategie di controllo. È in corso di elaborazione l'integrazione del metodo di valutazione nel GIS.

(d) *Elaborazione di scenari futuri.* Il GIS finora è in grado di manipolare solo informazioni acquisite mentre non è in grado di produrre alcuna proiezione sulla evoluzione degli stati futuri del sistema (insieme degli stati dei *patch* considerati). A tal fine è in corso di studio la possibilità di sviluppare modelli statistici in grado di produrre proiezioni sullo sviluppo della metapopolazione a partire dalla serie storica dei dati e dall'insieme delle covariate campionate o misurate nel corso del triennio di studi di campo. Successivamente il modello sarà gestito tramite il GIS al fine di produrre scenari futuri a partire dallo stato dell'infestazione e da opportune ipotesi sull'andamento delle altre variabili. La valutazione di questi scenari costituirà un ulteriore ausilio alle strategie di gestione dei problemi derivanti dall'infestazione della processionaria del pino.

Conclusioni

Tecniche di analisi spaziale dei dati, interfacciate a sistemi basati su GIS, hanno introdotto nuove prospettive per la gestione del monitoraggio di insetti, nonché per la progettazione di sistemi di management delle loro popolazioni. Il GIS elaborato per la processionaria del pino in un comprensorio forestale della Calabria si è dimostrato un utile ausilio per la gestione dei dati e la parallela elaborazione di mappe di rischio fito-sanitario e igienico-sanitario legate all'abbondanza e alla attività dell'insetto. Lo sviluppo di modelli matematici e statistici finalizzati alla valutazione comparativa di strategie di intervento e alla elaborazione di scenari futuri di infestazione sono il presupposto per la creazione di Sistemi di Supporto Decisionale (DSS). Infatti, i protocolli e le procedure di raccolta e trattamento dei dati, i modelli matematici e statistici e il SIT sviluppato rappresentano un insieme di strumenti e conoscenze necessarie per la gestione razionale delle strategie di controllo del fitofago al servizio di una struttura in grado di governare al meglio le attività collegate alla gestione fito-sanitaria del bosco e alla valorizzazione del territorio.

Riferimenti bibliografici

- Allen D.C., Abrahamson L.P., Eggen D.A., Lanier G.N., Swier S.R., Kelley R.S., Auger M. (1986), "Monitoring spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) populations with pheromone-baited traps", *Environ. Entomol.*, 15: 152-165
- Barry Lyons D., Sanders C., Gene J. (2002), "The use of geostatistics and GIS as tools for analyzing pheromone trap data at a landscape level: an update", *IOBC wprs Bulletin*, Vol. 25: 1-14
- Bodini A., Gilioli G., Manti F., Vacante V. (2006) *Application of an information-based approach for large-scale management of pest metapopulation*. Proceeding of Meeting Spatial Data Methods for Environmental and Ecological Processes, Foggia, DATA Italia (in press)
- Gilioli G., Bodini A., Baumgärtner J., Weidmann P., Hartmann J. (2006), "A novel approach based on information theory to rank conservation strategies: an application to amphibian metapopulation" *Biol. Conserv.*, (Submitted, 2006)
- Hanski I. (1999), *Metapopulation Ecology*, Oxford University Press, New York, 313 pp.
- Levins R. (1969), "Some demographic and genetic consequences of environmental heterogeneity for biological control", *Bull. Entomol. Soc. Am.*, 15: 236-240
- Liebholt M.A., Rossi R.E., Kemp W.P. (1993), "Geostatistic and geographic information systems in applied ecology", *Annu. Rev. Entomo.*, 38: 303-327
- Manti F. (2006), *Analisi e strategie di gestione della dinamica di metapopolazione della Processionaria del pino nel Parco Nazionale d'Aspromonte*. Tesi di Dottorato di Ricerca, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, Reggio Calabria, Italia