

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO – BICOCCA
Facoltà di Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali
Corso di Laurea Specialistica in Informatica



Individuazione di Pattern di Fenomeni Emergenti negli Ecosistemi Forestali

Relatore: Dott.ssa Sara MANZONI
Correlatore: Prof.ssa Stefania BANDINI

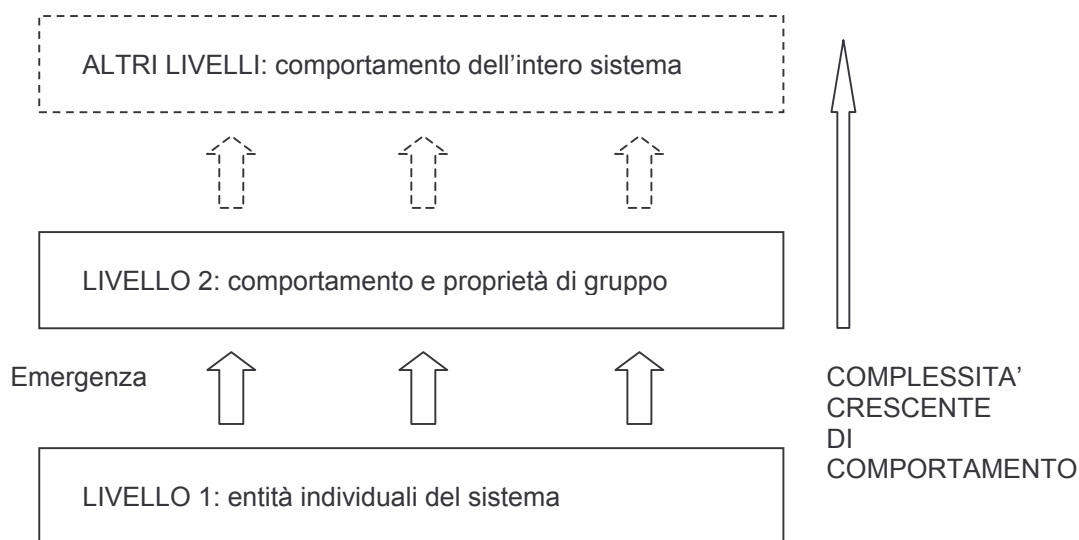
Riassunto della
Tesi di Laurea di:
Stefano REDAELLI
Matricola 054052

Anno Accademico 2004-2005

RIASSUNTO

Il lavoro svolto in questa tesi inizia con la presentazione dell'approccio modellistico a sciame e di come questo modello può essere applicato per risolvere problemi complessi.

Gli sciame, come vengono intesi in informatica, sono gruppi di entità che agiscono insieme assumendo un comportamento globale riconoscibile come risultato dell'interazione fra i singoli elementi. Nello studio dei comportamenti collettivi viene introdotto il concetto di "emergenza" e di "proprietà emergente"; queste sono proprietà di comportamento globale del sistema che non possono essere immediatamente riconducibili alle proprietà delle singole parti costituenti.



Le proprietà emergenti sono molto difficili da individuare e la loro analisi è un problema di elevata complessità e tuttora aperto per la comunità scientifica.

Dopo una breve introduzione si è passati ad analizzare un particolare sistema complesso: *gli ecosistemi forestali* e, più specificatamente, la *competizione fra specie vegetali*.

È stato scelto questo importante e difficile argomento perché negli ultimi tempi la comunità scientifica si è interessata in modo particolare a questo sistema complesso e molti studi su di esso sono tuttora in via di sviluppo. L'obiettivo principale di questi studi è l'analisi delle dinamiche interne alle foreste in relazione con altri sistemi dinamici complessi (gli esseri umani e le loro esigenze, o altri sistemi o fenomeni naturali come per esempio il processo di desertificazione).

Gli ecosistemi vegetali, inoltre, sono il centro di uno studio che il Lintar (Laboratorio di Intelligenza Artificiale, Dipartimento di Informatica Sistemistica e Comunicazione, Università di Milano Bicocca) sta portando avanti, già da alcuni anni, in collaborazione con alcuni esperti di settore dell'ARC (Austrian Research Centre).

Nel lavoro di tesi vengono mostrati vari modelli utilizzati per rappresentare questi sistemi complessi; in particolare vengono presentati gli Automi Cellulari e i modelli spaziali. Vengono presentati, inoltre, alcuni progetti e strumenti di simulazione, mostrando, in modo particolare, le difficoltà che si riscontrano nell'analisi dei dati e nell'individuazione delle proprietà emergenti presenti in questo campo.

All'interno di questo ambito di ricerca, questa tesi si inserisce con la proposta di un nuovo approccio di classificazione per i fenomeni emergenti negli ecosistemi forestali. Per

raggiungere questo obiettivo si è adottata la metafora del gioco del Go per trovare alcuni pattern spaziali significativi relativi alle popolazioni vegetali. Attraverso il riconoscimento di queste particolari configurazioni di alberi è possibile inferire il verificarsi di particolari fenomeni emergenti.

Per poter meglio studiare il modello a sciami applicato agli ecosistemi forestali, viene proposto un nuovo metodo di classificazione delle tipologie di interazione collettiva che si possono verificare nelle foreste. Questo modello classifica i tipi di interazione collettiva fra piante considerando non solo gli effetti sulle popolazioni vegetali, come viene fatto dal modello di classificazione tradizionale, ma aggiungendo anche altri parametri, come *le condizioni del territorio, la distribuzione delle risorse e l'affinità tra le specie vegetali e il terreno* (vedi la tabella sottostante).

Tipi di interazione	Pop 1 (attiva)	Pop 2 (passiva)	Territorio	Risorse	Affinità delle specie p1/p2 col terreno
Cooperazione	stabilità	stabilità	saturo	sufficiente	buona / buona
Coabitazione	crescita	crescita	insaturo	sufficiente	buona / buona
Dominanza	crescita	diminuzione	insaturo	sufficiente	buona / non buona
Conflitto	diminuzione	diminuzione	sovrapopolato	insufficiente	buona / buona

A questo punto viene introdotto il gioco del Go e attraverso questa metafora si sono individuati alcuni pattern significativi per gli ecosistemi forestali. I pattern trovati con questo metodo sono: *Ko*, *Geta*, *Shicho*, *Iki* e *Tsugi*.

- *Ko* è quel particolare scenario nel quale una piccola porzione di territorio viene contesa fra due o più specie. Le piante presenti in quest'area condivisa continuano a cambiare molto velocemente la loro configurazione nello spazio e nel tempo, dando il via ad un vero e proprio rapido alternarsi di piante diverse in periodi di tempo molto brevi.
- *Geta* è un fenomeno nel quale un gruppo di alberi viene circondato e costretto in una piccola porzione di territorio da piante appartenenti ad un'altra specie. Il gruppo di piante assediato presto o tardi soffoca e muore per mancanza di risorse e di spazio riproduttivo.
- Il fenomeno chiamato *Shicho* si verifica quando un gruppo di vegetali si sposta, nello spazio-tempo, per raggiungere una zona più favorevole alle proprie necessità (per esempio più produttiva e ricca di risorse o meno controllata da un'altra specie).
- *Iki*, nel gioco del Go, è una particolare configurazione di pezzi che non può essere catturata dagli avversari. Si tratta di una porzione di spazio circondata da pezzi propri con delle zone libere all'interno. Gruppi di piante che riescono a formare una tale configurazione si trovano in una posizione particolarmente forte e vantaggiosa che gli permette di resistere per molto tempo assicurando il controllo di quel territorio alla propria specie. Questo fenomeno avviene perché gli spazi interni protetti forniscono quelle risorse e quello spazio utile per la riproduzione necessari al mantenimento del gruppo.
- *Tsugi* è la parola giapponese che significa "connessione". Ogni gruppo di piante si espande in modo naturale per riproduzione, e quando due gruppi si espandono l'uno verso l'altro, c'è la possibilità che si uniscano creando una connessione. Come avviene nel Go, due gruppi connessi di piante risultano più forti perché si supportano a vicenda.

Per verificare la validità di questi risultati teorici sono stati condotti una prima serie di esperimenti di simulazione sfruttando una piattaforma basata su automi cellulari disponibile in Lintar: “Foreste”. Non avendo disponibili delle appropriate funzionalità per l’analisi dei dati, gli esperimenti sono stati condotti semplicemente osservando la simulazione in atto e traendo delle conclusioni mediante una interpretazione soggettiva di ciò che si vede accadere.

Il primo importante risultato ottenuto da questi esperimenti è la validità dei pattern ricavati mediante la metafora del Go: tutti i pattern descritti, infatti, si verificano negli scenari di simulazione condotti e presentano l’evoluzione attesa.

Inoltre, è possibile certamente concludere che l’individuazione dei pattern e dei fenomeni emergenti col metodo tradizionale è un’operazione assai difficoltosa, perciò si sottolinea la necessità di un metodo apposito.

A conclusione del lavoro viene presentata la proposta di un primo metodo automatico basato su Automi Cellulari per l’individuazione e l’analisi di pattern emergenti.

Il metodo si basa principalmente sul concetto di gruppo, utilizzando a sua volta il concetto di vicinato presente nel modello ad Automi Cellulari.

Se ci si riferisce al vicinato di una cella i come all’insieme N_i , e se n è la cardinalità di questo insieme (cioè il numero di celle vicine a quella data secondo la regola del vicinato), allora è possibile dare le seguenti definizioni:

Definizione 1 connessione

Dati gli individui t e s

diciamo che t è connesso a s (e vice versa) se $t \in N_s$

e lo indicheremo col simbolo $t \rightarrow s$.

Definizione 2 appartenenza a un gruppo

Dato un individuo t e un gruppo A

diciamo che $t \in A$ se $\exists k \in A$ tale che $t \rightarrow k$.

Definizione di gruppo triviale

Un singolo elemento isolato i è considerato un gruppo triviale composto da solo un individuo.

Attraverso queste definizioni il metodo presentato può individuare i gruppi in una simulazione basata su un modello ad Automi Cellulari, e con l’aggiunta di poche altre regole specifiche è possibile riconoscere i pattern derivati dalla metafora del gioco del Go che sono stati menzionati in precedenza.

Uno dei più importanti lavori che si stanno sviluppando a partire da questa tesi è il progetto e l’implementazione di strumenti di analisi automatica da integrare in una piattaforma di simulazione come “Foreste”. Questi strumenti per l’analisi faranno sicuramente parte del software per la simulazione degli ecosistemi forestali, obiettivo del progetto portato avanti dal Lintar in collaborazione con l’ARC.

Un’altra direzione di ricerca futura che si sta considerando è l’esplorazione delle possibilità che la metafora del gioco del Go può ancora offrire. Per portare avanti questo progetto si sta avviando una possibile e sicuramente molto produttiva collaborazione con la FIGG (Federazione Italiana Giuoco Go) che ci potrà aiutare nello sforzo di ricercare nuove applicazioni di questo antico gioco nell’ambito degli ecosistemi forestali.