

Simulazioni geospaziali

di Francesco Bartoli

L'articolo, diviso in due parti per esigenze di spazio, mostra come i vantaggi nello sviluppo di modelli agent-based per la simulazione dei sistemi di movimento individuale risultino particolarmente evidenti per descrivere e prevedere fenomeni legati a scenari di emergenza; essendo composti da entità ed oggetti del mondo circostante e beneficiando della loro flessibilità si può infatti sviluppare uno studio focalizzato su domini di applicazione reali attraverso l'utilizzo di modelli geospaziali.

I concetti fondamentali poggiano su un *Agent Based Model* (ABM) applicato alla simulazione geospaziale. Ai GIS è riconosciuta la capacità, particolarmente utilizzata, di rappresentare l'input e l'output dei dati di natura spaziale nonché la loro visualizzazione.

1^a parte

Le emergenze risultano caratterizzate da comportamenti macroscopici stabili generati da interazioni locali di entità individuali.

In base a tale definizione, si evince come tali situazioni non possano essere razionalizzate come parti di un sistema. Un ingorgo, per esempio, si forma spesso nella direzione di marcia opposta a quella di un incidente stradale. Le caratteristiche delle situazioni d'emergenza le rendono difficili da comprendere e da prevedere così come per le loro conseguenze, molto lontane dalle aspettative che solitamente si fanno al riguardo.

I vantaggi

Vi sono alcuni casi in cui è utile ricorrere all'approccio ABM per simulare i comportamenti dei sistemi negli scenari di emergenza:

- 1 Quando un'equazione differenziale non può descrivere le discontinuità di un comportamento individuale.
- 2 Per superare le difficoltà delle equazioni differenziali aggregate nel descrivere ampie perturbazioni, attraverso l'uso di una popolazione eterogenea di agenti. Si possono così, descrivere fluttuazioni singolari all'interno di un sistema linearmente stabile.
- 3 Quando la topologia delle interazioni di un agente è eterogenea e complessa e può generare significative deviazioni dal presunto comportamento. La combinazione delle equazioni di flusso, invece, assume generalmente un mescolamento omogeneo.

In molti casi ricorrere all'ABM è un metodo naturale per descrivere e simulare un sistema composto di entità del mondo reale: tale approccio è più utile di altri rendendolo, di fatto, più adatto alla simulazione dei comportamenti di persone e cose in modo realistico. Per esempio, è assolutamente più facile concettualizzare e modellare il come ed il quando gli occupanti di un edificio effettuano un'evacuazione piuttosto che formalizzare equazioni che ne descrivano le densità dell'azione. Un simile metodo risulta intuitivo in una delle seguenti condizioni:

- 1 Quando non si riesce a definire il comportamento degli individui mediante le loro velocità totali (ad esempio il panico in una folla che si disperde).
- 2 Quando i comportamenti diventano fenomeni complessi, intrattabili attraverso l'uso di equazioni.
- 3 Quando si tratta di stabilire l'aleatorietà di un



La direzione di un ingorgo è un fenomeno non facilmente prevedibile

comportamento in maniera strategica, individuandone i punti precisi (ABM), piuttosto che contemplandoli arbitrariamente, come nelle equazioni.

L'approccio attraverso tale paradigma risulta particolarmente flessibile nella modellazione geospaziale; in effetti, si nota come le simulazioni spaziali beneficino della versatilità di un modello così concepito, tale da poter essere definito in qualsiasi dominio (ad esempio un edificio, una città, una rete stradale, una rete di PC, ecc).

Inoltre, gli agenti hanno la possibilità di muoversi con velocità ed in direzioni diverse all'interno dello stesso. Tutto ciò agevola, in maniera totalmente flessibile, la definizione di variabili e parametri potenziali.

Un altro aspetto vantaggioso è la possibilità di regolare la complessità degli agenti: il loro comportamento, il grado di razionalità, l'abilità di apprendere ed evolvere, le regole d'interazione. Un ulteriore grado di flessibilità emerge anche dalla possibilità di definire livelli di descrizione e aggregazione differenti per singoli agenti, agenti aggregati e sotto gruppi che coesistono all'interno dello stesso modello.

Esistono tuttavia anche delle limitazioni:

- La natura del sistema umano (irrazionalità, scelte soggettive, psicologia complessa) comporta l'analisi del grado di completezza e accuratezza nei dati in ingresso al

		AGENTI	
		Progettati (rappresentano condizioni spesso semplificate, per testare specifiche ipotesi)	Sperimentati (entità del mondo reale, basate su dati empirici o valori realistici ad-hoc di processi)
AMBIENTE	Progettato	<p>Descrizione del modello:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Astratta Scopo/Intento ■ Scoperta di nuove relazioni ■ Evidenziare una soluzione Strategia di verifica e validazione ■ Comparazione teorica ■ Ripetizioni del modello Strumenti di sviluppo ■ Facili da implementare per modellare e simulare i sistemi 	<p>Descrizione del modello:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Sperimentale Scopo/Intento ■ Esperimenti di laboratorio ■ Stabilire i cardini degli attori partecipanti Strategia di verifica e validazione ■ Ripetizioni del modello ■ Adeguatezza del progetto Strumenti di sviluppo ■ Simulazioni flessibili con un'interfaccia utente adeguata
	Sperimentato (luogo reale)	<p>Descrizione del modello:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Storica Scopo/Intento ■ Semplificazione Strategia di verifica e validazione ■ Qualitativa: bontà nel rispecchiare il requisito Strumenti di sviluppo ■ Simulazione avanzata collegata a sistemi GIS 	<p>Descrizione del modello:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Empirica Scopo/Intento ■ Semplificazione ■ Analisi dello scenario ■ Previsione Strategia di verifica e validazione ■ Qualitativa: bontà nel rispecchiare il requisito Strumenti di sviluppo ■ Linguaggi di programmazione a basso livello

modello: si possono interpretare i risultati come una conoscenza approfondita del problema o come un'accurata previsione quantitativa.

- L'utilizzo di agenti che interagiscono in modo disaggregato, comporta la necessità di trattare il problema mediante molteplici ripetizioni dello stesso modello, variando sistematicamente le condizioni iniziali ed i parametri, in maniera da stabilizzare la robustezza dei risultati.

multipli, la varietà degli ambienti di modellazione disponibili (grafi, raster, rappresentazione vettoriale); eventuali relazioni topologiche tra agenti; la gestione delle relazioni spaziali tra gli agenti e con l'ambiente; i meccanismi di schedulazione e sequenziazione degli eventi. Tutti questi criteri dovranno, poi, essere pesati diversamente in modo tale da incontrare le esigenze del sistema da modellare.

Nel bagaglio di strumenti utilizzati ci sono i toolkit MASON,

Repast, Swarm capaci di sviluppare modelli spaziali open source, attraverso l'integrazione di funzionalità e librerie GIS (OpenMap, GeoTools, ESRI's ArcGIS, ecc.).

I sistemi freeware/shareware, tra i quali StarLogo, NetLogo, OBEUS, non hanno lo stesso grado di flessibilità e di conseguenza la stessa capacità nel processo di verifica del modello.

In ultimo, si proporranno sistemi di modellazione proprietari (AgentSheets and AnyLogic)

che hanno il vantaggio di essere progettati e costruiti professionalmente per usi specifici, abbinando una notevole semplicità d'uso. Tuttavia questi costituiscono essenzialmente dei pacchetti chiusi i cui modelli non beneficiano del supporto della comunità open source.

Vedremo inoltre come questo studio può essere applicato alla simulazione del movimento pedestre nello spazio.



Uno scenario in cui i fenomeni comportamentali individuali risultano decisivi

Linee guida

La rappresentazione concettuale di un modello comincia con l'identificazione degli obiettivi ed elementi del sistema (attributi degli agenti, regole di ingaggio, comportamenti e ambiente di interazione).

I modelli possono essere distinti in base allo scopo: descrittivo o predittivo. Ciascuno ospita diverse tipologie di agenti ed ambienti di interazione (Tabella 1).

Nel prossimo numero di GEOmedia verrà mostrato come il paradigma *object oriented* risulti essere un concetto adatto allo sviluppo di ABM tramite simulazione digitale al computer.

Tra i criteri da considerare nella modellazione delle funzionalità di un sistema ci sono: il numero di agenti che possono essere modellati, il loro grado di interazione, la capacità di essere rappresentati secondo livelli gerarchici

Autore

FRANCESCO BARTOLI
francesco.bartoli@fastwebnet.it