

La simulazione come gioco e come modello di apprendimento

Che vuol dire "simulazione"

Un bambino gioca con i cubi.

Tenta di metterli uno sopra l'altro, così come capita, non troppo allineati. Ma presto la sua piccola Torre di Babele collassa e i cubi si spargono tutto attorno. Non è la prima volta che capita, ma piano piano il bambino capisce che è meglio se i cubi sono esattamente uno sopra l'altro: sta apprendendo dall'esperienza a contatto diretto con la realtà. Metodo straordinariamente efficace se è vero che a tre anni ha imparato almeno: le regole sociali, il funzionamento delle cose, le basi della meccanica classica, una lingua (o più d'una se è cresciuto nell'ambiente adatto) e un po' di religione e mitologia.

Qualche anno dopo si occupa di movimento terra. Con un camion di plastica carica sabbia e ghiaia, trasportandole nel suo piccolo cantiere. Oppure si prende cura di una bambola, assicurandosi che non abbia freddo e che vada a dormire all'ora giusta. O, ancora, va in giro con la spada infilandosi impavido i nemici di Zorro la volpe.

Gioco 1 e Gioco 2

È sempre un bambino che gioca, ma con una grande differenza:

- **Gioco 1: apprendere dall'esperienza.**
Il bambino non sa di giocare, perché dal suo punto di vista sta affrontando il mondo, con tutti i suoi misteri. Apprende perché la realtà risponde in modo imprevedibile alle sue azioni, costringendolo a sempre nuove sperimentazioni, a crearsi dei modelli e a metterli in pratica.
- **Gioco 2: creare mondi virtuali.**
Il camion non è quello "vero" e il bambino lo sa benissimo. Come quelli che vede per strada, ha le ruote, trasporta cose, carica e scarica. Ma si guida con una mano, non ha problemi di parcheggio, né costi di utilizzo e in caso di incidente i danni sono limitati. È, insomma, un'astrazione che prende in considerazione alcuni aspetti selezionatissimi della realtà per immergerli in un mondo facilmente controllabile.

Altrettanto diversi sono i processi di apprendimento.

Nel Gioco 1 c'è uno scontro tra i meccanismi della fisica e i modelli mentali del bambino che tenta di padroneggiarli. Il bambino si comporta esattamente come un piccolo scienziato, perché attraverso una dinamica fatta di:

- tentativi di assimilazione della realtà ai propri modelli, che costituiscono un'iniziale ipotesi di lavoro,
- verifica della mancata corrispondenza tra realtà e previsioni (una vera e propria "crisi cognitiva"),
- necessità di modificare i modelli, accomodandoli rispetto alla realtà,

impara con una velocità che non avrà uguali in seguito.

Uno degli aspetti rilevanti di questo processo (a qualunque età) è l'intensità delle emozioni che vanno dalla sorpresa/disappunto/rabbia legati al rovinoso crollo della pila di cubi al meritato trionfo finale, quando il mondo viene finalmente addomesticato.

Nel Gioco 2 il bambino non opera più col mondo reale, ma costruisce una propria "realtà virtuale" che gli permette di mettere in azione, affinandoli, i suoi modelli comportamentali, di identificarsi in un ruolo in modo gratificante. Esplorare il proprio mondo di fantasia porta con sé, ancora una volta, emozioni forti, ma il controllo totale della realtà virtuale non gli consente di imparare dall'esperienza come faceva con i cubi: difficilmente il camion si ribalterà in curva, la bambola inizierà a piangere in modo inaspettato o i nemici finiranno davvero per sorprendere Zorro.

Per un altro decisivo passo avanti nel processo di apprendimento dovrà inventare un nuovo gioco. O, meglio, sarà un adulto a inventarlo con lui.

Gioco 3: la realtà se e ma

Per l'educazione dei giovani Romani l'arte del combattimento era un elemento essenziale. Una cosa così importante non poteva essere lasciata al caso: troppo rischioso affrontare un vero nemico come nel Gioco 1, non sufficiente vincere facile contro il nemico virtuale del Gioco 2.

Per questo la più grande invenzione pedagogica dell'umanità (che presumibilmente risale alla preistoria) è stata la spada di legno usata contro un adulto, esperto ma amichevole. Cioè il Gioco 3. Il Gioco 3 è un gioco fatto con i "se" e con i "ma":

1. Riproduce la realtà, ma astraendone alcuni aspetti.
La spada di legno ha la forma di quella "vera" e la stessa modalità d'uso, *ma* è più leggera, più maneggevole e non ha né lame affilate né una punta. Allo stesso modo l'avversario si comporta come un nemico (non si lascia sconfiggere, anzi cerca di vincere), *ma* non ha la volontà di fare male: anche la sconfitta è virtuale.
2. Permette di dominarla, *se* il comportamento segue certe regole.
È possibile resistere all'avversario ed eventualmente sconfiggerlo *se* si imparano le giuste azioni e si acquisiscono le necessarie doti fisiche.

Il Gioco 3 è a tutti gli effetti una simulazione, il prototipo di tutte quelle che conosciamo oggi, perché contiene i due elementi fondamentali:

- un mondo virtuale che funziona con regole proprie, in parte sconosciute;
- la possibilità di interagirvi direttamente.

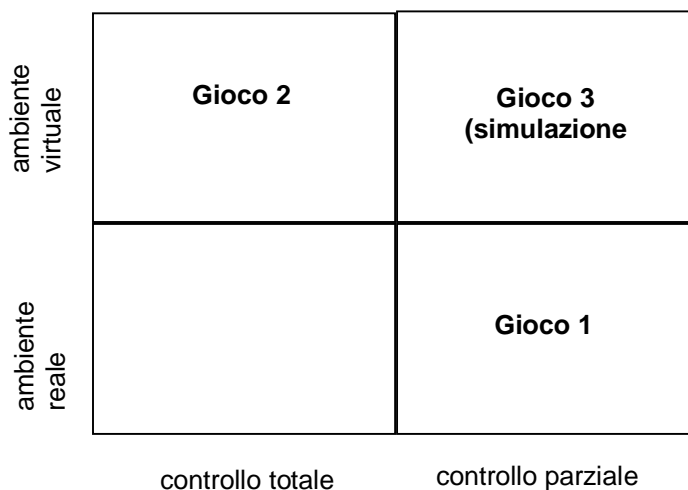


Fig. 1 – Modelli di gioco

Efficacia della simulazione

Perché la simulazione è così efficace per l'apprendimento?

Qualunque ragionamento in merito deve partire dal considerare le alternative. Che sono due:

1. Apprendere dall'esperienza diretta.
2. Apprendere in forma simbolica, attraverso il linguaggio.

La simulazione è, sotto certi aspetti, un terreno intermedio: si apprende dall'esperienza diretta in una realtà astratta, semplificata, in qualche modo simbolizzata.

Con alcuni vantaggi rispetto alle altre forme di apprendimento.

Una precisazione prima di proseguire: anche se le simulazioni si usano nel gioco (come abbiamo visto) e nella formazione in presenza (formazione professionale e manageriale, chissà perché non nella scuola) da questo momento in poi la nostra attenzione si concentrerà sulle simulazioni al computer, che ampliano di molto le potenzialità di questo strumento.

Simulazione e apprendimento simbolico

Rispetto all'apprendimento, tipico della scuola e di buona parte della formazione, che avviene a partire da un racconto (il docente che spiega) o da una lettura, la simulazione ha alcune caratteristiche distintive, che si concretizzano in altrettanti vantaggi:

- Imposta una modalità più naturale di apprendere, perché presenta il problema invece della soluzione. E induce a porsi domande invece di fornire immediatamente risposte.
- Consente un maggiore livello di attività, perché è chi apprende che conduce il gioco e lo fa applicando il proprio stile personale.
- Rivaluta il pensiero concreto come base essenziale per il rafforzamento del pensiero astratto e formale (celeberrima la confessione di Papert, 1980: 5-6: "Divenni esperto nel far girare nella mia testa ruote dentate e nel pensare concatenazioni di causa ed effetto... Gli ingranaggi, servendomi da modelli, hanno fatto entrare nella mia mente idee che altrimenti sarebbero restate astratte").
- Coinvolge gli aspetti emotivi oltre a quelli puramente cognitivi. L'attivazione della curiosità, del senso di sfida di fronte a un problema difficile, del dispiacere per un fallimento e del piacere di un successo sono fattori intrinsecamente motivanti.

Simulazione e apprendimento esperienziale

L'apprendimento in una simulazione è di tipo esperienziale, ma la presenza di un ambiente virtuale porta con sé alcune importanti differenze. La simulazione, potenzialmente:

- Semplifica la realtà, eliminando il "rumore", per concentrarsi sui nessi causali che si devono apprendere. Il livello di astrazione (ovvero il numero di variabili da non tenere in considerazione) rientra nelle scelte del progettista che opera in base ai suoi obiettivi didattici. Se si tratta dei principi della dinamica, costruisce un mondo privo di attrito. L'attrito è il fattore che fa ritenere, erroneamente, che per mantenere una velocità costante occorra applicare una forza costante (per esempio, tenendo premuto l'acceleratore). Da un certo punto di vista, la realtà inganna, la simulazione no.
- Permette di esplorare ambienti e situazioni altrimenti irraggiungibili, perché lontani nel tempo o nello spazio, o non manipolabili, perché fuori scala rispetto alle possibilità concrete (come gli atomi o le orbite dei pianeti).
- Riduce i costi dell'esperienza diretta. Usare un'azienda, una centrale nucleare o un Boeing 747 come palestra per l'apprendimento è un lusso per pochi.
- Permette di sbagliare. L'errore in una simulazione non ha costi umani, materiali ed economici, ma solo, al massimo, emotivi e cognitivi.
- Rende visibili relazioni troppo distanti nel tempo. Gli effetti di scelte strategiche in un'azienda, un ecosistema o uno stato possono essere tanto lontani nel tempo da rendere difficilmente percepibile qualunque legame causa-effetto (e da spingere al totale disinteresse persone il cui fine mandato arriva prima delle conseguenze delle proprie azioni). In altri termini, la simulazione, contraendo a piacere il fattore tempo, permette di apprendere dall'esperienza anche quando nella realtà ciò è impossibile.
- Dilata il tempo, inserendo quello necessario alla riflessione e all'approfondimento. Se in un dialogo reale siamo quasi obbligati a rispondere immediatamente, in quello simulato possiamo fermarci a ponderare tutte le possibilità, valutandone le conseguenze e ipotizzando tutte le possibili reazioni dell'interlocutore.

Efficacia ed efficienza

Finora il ragionamento è stato centrato sull'efficacia della simulazione, sulla sua grande potenzialità di raggiungere gli obiettivi di apprendimento.

Ma per quanto riguarda l'efficienza, non possiamo elencare altrettanti vantaggi. Come l'apprendimento dall'esperienza diretta, anche la simulazione è un processo lento, perché consente l'errore e ne richiede un'elaborazione profonda e articolata.

Al contrario, l'apprendimento simbolico può essere molto veloce.

Il noto principio fisico per cui:

$$\text{Forza} = \text{massa} \times \text{accelerazione}$$

richiede pochi secondi per essere enunciato e ore per essere "scoperto" in laboratorio (reale o virtuale).

Fortunatamente, non dobbiamo sempre scegliere tra un sistema efficace, ma inefficiente (apprendimento esperienziale) e uno efficiente, ma poco efficace (apprendimento simbolico).

Lo sforzo nella progettazione didattica è quello di combinare nel modo migliore più metodi.

Le simulazioni nell'apprendimento

Da queste considerazioni, appare evidente che la simulazione è uno strumento potentissimo, uno di quelli che ci permette di rispondere positivamente alla domanda "Ma vale davvero la pena di usare il computer per fare formazione?".

La risposta a domande del genere deve centrare l'elemento essenziale: la natura dell'interazione tra chi apprende, il mezzo informatico (computer, software, reti telematiche) ed eventualmente le persone che fanno parte della stessa comunità di apprendimento.

Altri elementi, seppure importantissimi, non sono determinanti. Mi riferisco in particolare all'interfaccia grafica, alla presenza di suoni, voci, animazioni, filmati, al problema puramente ingegneristico (che ha monopolizzato per anni l'attenzione degli addetti ai lavori a scapito dell'evoluzione dei metodi) delle piattaforme Learning Management System e degli standard di metadattazione e interoperabilità.

Ebbene, la natura di questa interazione dipende strettamente da come la simulazione viene usata all'interno delle concrete attività formative. Le possibilità sono due: come materiale didattico e come oggetto di sviluppo.

Modalità 1: giocare *dentro* la simulazione

Implicitamente, finora abbiamo descritto le simulazioni come un sistema con cui giocare.

Qui il partecipante effettua una serie di operazioni iniziali che, schematicamente, comprendono:

1. L'ingresso in un mondo virtuale, percepibile attraverso lo schermo del computer e le sue periferiche audio.
2. L'acquisizione di alcune informazioni di base che devono comprendere almeno gli obiettivi da raggiungere e le modalità di interazione. Di norma, non rientrano tra le informazioni di base le regole seguite dal mondo virtuale che sono oggetto di apprendimento o restano sullo sfondo.

Successivamente entra in un ciclo più o meno lungo composto dal susseguirsi di due momenti:

1. Azione.
Il partecipante effettua la propria "mossa" attraverso movimenti nello spazio, inserimento di dati, selezione tra opzioni, ecc.
2. Reazione.
Il sistema risponde in base alle proprie regole di funzionamento e, solitamente, rende visibile la sua risposta.

L'apprendimento nasce quindi dallo scontro tra due modelli:

- quello del partecipante, che guida (con livelli diversi di consapevolezza) la sua azione;
- quello del progettista, che viene implementato nelle regole del sistema.

Si tratta di uno scontro fecondo, in cui l'errore non è un incidente di percorso da evitare a tutti i costi. Al contrario, come abbiamo già accennato, è una molla essenziale per l'apprendimento, perché consente di verificare direttamente le conseguenze delle proprie azioni e dei modelli mentali

che ne stanno alla base. Li mette in crisi e ne facilita l'evoluzione. È in questo senso che la simulazione recupera pienamente la straordinaria efficienza dell'apprendere dall'esperienza.

Modalità 2: creare una simulazione

La seconda modalità con cui possiamo apprendere tramite una simulazione è crearla, in tutto o in parte.

Anche in questo caso esiste un ambiente realizzato da un progettista, ma è diverso il ruolo del partecipante che, dopo le operazioni iniziali (sostanzialmente identiche a quelle viste per la Modalità 1), entra in un ciclo composto da:

1. Impostazione dei parametri del sistema.
Può avvenire in modi diversi. Nel caso più semplice, il partecipante si limita a inserire alcuni valori in un form. Valori che definiscono le regole con cui il mondo virtuale funziona. Nel caso più complesso, scrive le istruzioni per il mondo virtuale utilizzando un linguaggio di programmazione. L'esempio più illuminante sono le simulazioni ideate da Papert, che chiede ai bambini di "insegnare" a una tartaruga come muoversi in cerchio utilizzando un linguaggio creato appositamente (il Logo).
2. Avvio della simulazione.
Una volta avviata, la simulazione procede autonomamente sulla base delle istruzioni ricevute. In genere non è possibile intervenire, se non per arrestarla, fino a quando non giunge al suo stato finale.
3. Confronto.
Durante e dopo l'esecuzione, il partecipante confronta il comportamento del mondo simulato con quello previsto.

Fatte salve le differenze di complessità, questo modo di procedere è assolutamente identico nelle simulazioni realizzate a scopo di ricerca, che costituiscono uno strumento per la verifica di ipotesi scientifiche. Il principio è più o meno il seguente: se impiegando determinati meccanismi riesco a riprodurre al computer il comportamento di un sistema (fisico, economico, ecologico, sociale...), è possibile che questi meccanismi siano gli stessi che operano nel mondo reale.

Come si apprende

Il parallelo tra simulazione e ricerca scientifica può essere approfondito analizzando meglio il processo di apprendimento che le caratterizza.

Di per sé la simulazione ha una funzione prevalentemente destrutturante: esattamente come l'esperienza nel mondo reale, si presta bene a rendere evidente cosa *non* funziona, cioè a falsificare le ipotesi di partenza. Il corollario è un po' paradossale: una simulazione che si conclude con un successo immediato porta un apprendimento nullo. È una simulazione inutile, se non per rafforzare l'autostima.

Nel mondo reale e in una simulazione ciascuno usa un proprio metodo che si situa in un continuum i cui estremi sono:

- procedere meccanicamente per prove ed errori;
- partire da ipotesi di lavoro ben strutturate da confermare o falsificare (modalità tipica della ricerca scientifica).

Nel concreto, i sistemi di simulazione possono usare almeno due importanti leve per orientare il modo di procedere del partecipante:

1. Inserire elementi informativi teorici all'interno della simulazione. Per esempio, un simulatore di volo in caso di difficoltà e/o di errore può presentare informazioni sulle regole di funzionamento del sistema e di comportamento ("In un atterraggio di emergenza è alto il rischio di incendio ed esplosione: prima di procedere è necessario scaricare il carburante in eccesso e avvisare il centro di controllo aereo...").

2. Rendere il procedimento per prove ed errori difficile o impossibile. Di fatto chi usa il linguaggio Logo per istruire la tartaruga non immette istruzioni a caso, mentre è facilissimo andare per tentativi se si devono unicamente inserire parametri in una tabella.

Cosa si apprende

Il *cosa* si apprende dipende da almeno quattro fattori:

1. lo specifico contenuto della simulazione, che a sua volta comprende le caratteristiche del mondo virtuale e la natura del compito;
2. il metodo adottato dal fruitore (per prove ed errori e/o per ipotesi da verificare);
3. la presenza nel sistema di simulazione di elementi informativi teorici (pagine di spiegazione, suggerimenti, approfondimenti, documentazione, ecc.);
4. il tipo di processo formativo in cui la simulazione è inserita.

Ecco due casi opposti:

- Con un simulatore di guida molto realistico è possibile pilotare un'automobile lungo diversi percorsi: strada asfaltata, sterrato, strada ghiacciata, fango, ecc. È la classica situazione che invita il fruitore a procedere per tentativi, partendo dal proprio consueto stile di guida per adattarlo a situazioni estreme per velocità, caratteristiche del fondo stradale, aderenza, ecc. Presumibilmente, dopo un certo periodo sarà in grado di terminare il circuito senza errori (incidenti, testacoda o uscite di strada). Avrà affinato le proprie capacità acquisendo regole operative del tipo "una curva a 90° con fondo ghiacciato deve essere affrontata in terza a una velocità massima di 25 km orari", ma difficilmente saprà descrivere i principi che regolano il funzionamento del sistema (cioè le leggi della dinamica applicate a situazioni reali).
- Se si riesce a insegnare, con il linguaggio Logo, alla tartaruga a percorrere un quadrato, si deve necessariamente "scoprire" che questa figura geometrica ha lati uguali e angoli di 90°.

È evidente che lo specifico contenuto dell'apprendimento dipende dal tipo di simulazione e da come viene usata nel processo formativo, integrata da altri strumenti.

Modelli di simulazione nei sistemi di e-learning

Quanti tipi di simulazione esistono?

Per rispondere è necessario adottare un criterio. Il più interessante prende in considerazione un aspetto tecnico: il "motore" della simulazione, cioè il tipo di algoritmo con cui crea la sua particolare realtà virtuale.

Dal momento che le simulazioni computerizzate sono un terreno giovane, in cui siamo ben lontani dall'aver esplorato tutte le potenzialità, in molti casi (soprattutto in Italia) la diffusione di un particolare modello può dipendere dall'iniziativa di una singola scuola di pensiero, nata in un'azienda o in un gruppo di ricerca.

Partiamo dal motore più semplice.

Ambienti interattivi

Si tratta del livello zero della simulazione al computer, perché l'intelligenza artificiale dell'algoritmo è sostituita in toto da quella "naturale" dei partecipanti.

Per realizzare questo tipo di simulazioni è sufficiente disporre di:

- un ambiente on line (un sistema di chat può bastare, ma sono preferibili gli ambienti immersivi sul modello di *Second Life* o *Active Worlds*;
- un copione in base al quale far interagire i partecipanti sulla base dei propri desideri.

In sostanza non è altro che la trasposizione on line della classica simulazione d'aula, con tanto di *debriefing* finale, a cui le tecnologie non aggiungono nulla di metodologicamente

significativo.



Fig. 2 – Progetto Sisine (Programma Leonardo da Vinci –Capofila Cnr-Istc)

Alberi decisionali

È un modello di simulazione molto usato, perché è semplice da progettare e realizzare. Si basa su una rete (che quasi sempre prende una forma ad albero) in cui:

- ogni nodo equivale a una particolare situazione problematica;
- ogni legame è una delle possibili transizioni da un nodo a un altro.

In pratica, in corrispondenza di ciascun nodo si verifica una situazione, come quella in figura, in cui il partecipante è chiamato a determinare il passo successivo scegliendo una delle possibili opzioni di risposta.



Fig. 3 – La Qualità Totale (Mafrau)

Il motore di questa simulazione è, di fatto, un ipertesto non molto esteso: Ma è interessante notare che se l'insieme è ben articolato, il partecipante ha realmente l'impressione di avere a che fare con un ambiente virtuale dotato di regole di una certa complessità.

Sistemi dinamici

Molte delle simulazioni più raffinate interpretano la realtà come un insieme di variabili e di relazioni tra variabili (esprimibili con equazioni). Si tratta di un vero e proprio modello logico-matematico che si presta a riprodurre comportamenti anche molto complessi, che per il fruitore sono imprevedibili almeno quanto lo è la realtà "vera".

Queste simulazioni si possono realizzare (e di fatto si realizzano) anche con un comune foglio di calcolo, ma l'interfaccia può diventare molto accattivante, fino ad avvicinarle a videogiochi in cui gli elementi sulla scena (oggetti e personaggi) consentono di immettere dati e/o di sceneggiare il valore delle variabili più significative (il titolare dell'impresa si lamenta se le vendite cadono sotto una certa soglia).



Fig. 4 – *Impresa oltre i confini* (Mafrau)

In una simulazione come quella rappresentata in figura, il partecipante ciclicamente:

- effettua alcune scelte (in questo caso hanno a che vedere con le strategie di marketing e la gestione della produzione);
- attiva la routine di calcolo, che determina lo stato del sistema dopo un determinato intervallo di tempo (un mese);
- verifica la nuova situazione, analizzando il comportamento di oggetti e personaggi.

Alcune tra le simulazioni più interessanti di questa categoria si basano sulla dinamica dei sistemi, in cui le relazioni tra variabili sono caratterizzate da circuiti di retroazione, che rendono meno prevedibile l'andamento dei fenomeni.

Sistemi probabilistici

Non tutti gli aspetti della realtà si prestano ad essere rappresentati da modelli logico-matematici di tipo deterministico. Per questo, molte simulazioni adottano un approccio diverso, un motore basato sul calcolo della probabilità.

Sono molto usate come base di calcolo le reti bayesiane, che si prestano bene a riprodurre situazioni di incertezza, in cui è necessario prendere decisioni senza conoscere tutti i fattori in gioco.

Agenti o automi cellulari

Un modello di simulazione completamente diverso, ma dai risultati estremamente interessanti è basato sugli automi cellulari. Non più un sistema monolitico di equazioni, ma un certo numero di elementi autonomi, gli agenti, ciascuno dei quali contiene determinate regole (uguali in tutti gli agenti) che ne determinano il comportamento e la reciproca interazione. È frequente l'uso di reti neurali per aumentare l'intelligenza degli agenti dotandoli di una certa capacità di apprendere. In alcuni casi, gli agenti sono inseriti in celle, come in un foglio di calcolo (da cui il termine "automa cellulare"), il cui stato dipende momento per momento:

- dalle proprie regole interne;
- dallo stato delle celle vicine.

Nell'esempio riportato in figura (uno dei capostipiti della categoria: *Empire 3*, dell'ex Istituto di Psicologia, oggi Istituto di Scienze e Tecnologie della Cognizione, del Cnr) il colore rosso delle celle ne evidenzia lo stato: si tratta di aree occupate dall'impero Assiro.

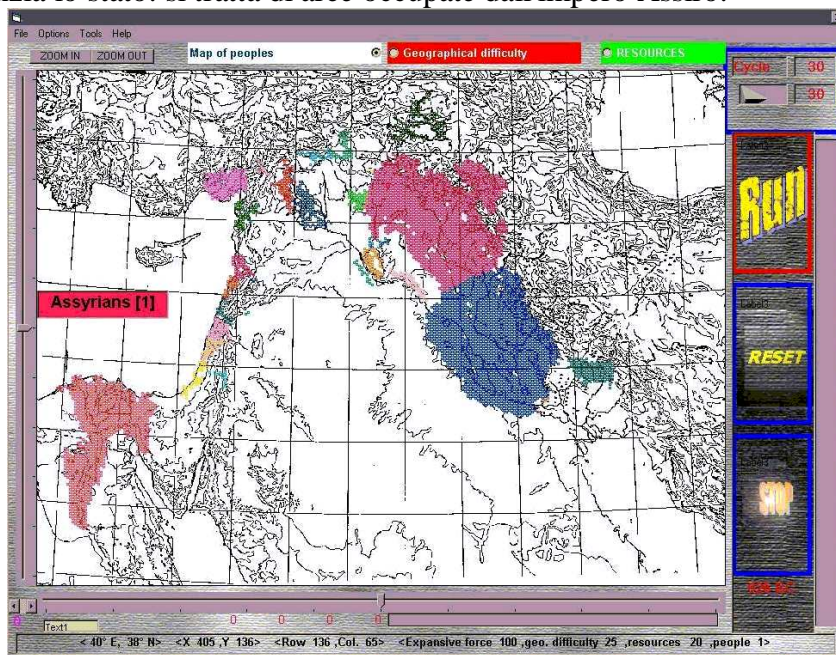


Fig. 5 – *Empire 3* (Cnr - Istc)

Il modo tipico di utilizzare una simulazione ad agenti è quello che abbiamo descritto come "Modalità 2", in cui il partecipante:

1. inserisce i parametri di funzionamento dell'agente e/o le caratteristiche delle celle (in questo caso: facilità di movimento, risorse e popolazione);
2. avvia la simulazione per studiare gli eventi.

Sistemi programmabili

A rigor di logica qualunque linguaggio di programmazione può essere considerato un sistema di simulazione, perché il suo prodotto riproduce un aspetto della realtà, concretizzandolo in un algoritmo. E ha una fortissima potenzialità in termini di apprendimento, perché obbliga il programmatore a riflettere sul pensiero, a trasformare la propria conoscenza tacita in conoscenza esplicita: tutti sanno mettere in ordine le carte di un mazzo in pochi secondi, ma quanti saprebbero descrivere nel dettaglio le operazioni che compiono per arrivare a questo risultato?

Prudentemente, però, possiamo restringere la categoria ai linguaggi progettati per questo scopo, a cominciare dal Logo, ampiamente sperimentato come strumento per apprendere logica e matematica.

È un tipo di linguaggio che sta vivendo da qualche tempo una seconda giovinezza con la robotica educativa, un settore che sta sviluppando un nuovo paradigma del gioco, in cui la simulazione esce dall'ambito virtuale del Gioco 3 per andare incontro al mondo reale.

Dimostrando così che i confini che tracciamo quando tentiamo una classificazione delle forme di pensiero (qual è a tutti gli effetti la simulazione), sono labili e provvisori.

Il futuro della simulazione

La simulazione è già oggi un metodo estremamente promettente. Ma ci sono ancora molte frontiere da esplorare: la contaminazione tra i modelli (come si comporta un agente intelligente o una tartaruga programmata in un sistema dinamico?), l'introduzione di nuove interfacce, come la visione tridimensionale, che non cambiano molto sul piano del metodo, ma hanno un fortissimo impatto sull'esperienza del fruitore. E poi si possono pensare "motori" totalmente nuovi.

Nel frattempo, il fatto di considerare la simulazione ancora "promettente" ci dovrebbe preoccupare un po': ha tutte le caratteristiche per diventare la *killer application* nel mondo dei learning object, ma è ancora un prodotto di nicchia.

Ci sono, evidentemente, alcuni ostacoli sul suo cammino. Due sono questi:

1. La questione dei costi, che i committenti percepiscono come troppo alti rispetto ai sistemi sequenziali, pensati e progettati come semplici libri animati, ma offerti a prezzi di saldo.
2. La mancanza di una cultura della simulazione: pochi i progettisti (o *instructional designer*, come preferiscono essere chiamati), ancora meno le persone in grado di modellizzare la realtà in modo credibile ed efficace. Ma, soprattutto, è da parte della committenza che ancora non si percepisce la potenza della simulazione nelle attività formative.

Probabilmente (versione ottimista) è solo questione di tempo.

Infografia

- *Active Worlds*, <<http://www.activeworlds.com>>.
- Botte B., Matera C., Sponsello M., 2009, "Serious Games tra simulazione e gioco. Una proposta di tassonomia", *Je-LKS*, n. 2.
- Deplano V., 2002, "Fare la Storia con i se e con i ma", *For*, n. 49, Franco Angeli.
- Deplano V., 2004, "Come con Lara Croft", *E-Learning & Knowledge Management*, n. 2.
- Deplano V., 2009, "*Learning bricks*: oggetti riusabili per simulazioni efficaci", *Je-LKS*, n. 2.
- Landriscina F., 2009, *La simulazione nell'apprendimento*, Erickson.
- Miglino O., Di Ferdinando A., Rega A., Benincasa B., Deplano V., 2007, "Sisine: un mondo virtuale per piccole comunità di apprendimento on-line", Dino Giuli, Nicola Lettieri, Nicola Palazzolo e Orlando Roselli (a cura di), *Simulazioni interattive per la formazione giuridica*, Edizioni Scientifiche Italiane.
- Papert S., 1980, *Mindstorms*, Basic Books [Mindstorms, Emme Edizioni, 1984].
- Papert S., 1992, *The children's machine*, Basic Books [*I bambini e il computer*, Rizzoli, 1994].
- Parisi D., 2001, *Simulazioni*, Il Mulino.
- Petter G., 1961, *Lo sviluppo mentale nelle ricerche di Jean Piaget*, Giunti.
- Ronsivalle B., 2005, "Simulare la complessità: sistemi dinamici e reti decisionali nei percorsi di apprendimento", *Je-LKS*, n. 2, Erickson.
- *Scuola di robotica* <<http://www.scuoladirobotica.it/>>.
- *Second Life* <<http://secondlife.com>>.
- Senge P. M., 1990, *The Fifth Discipline*, Doubleday [*La quinta disciplina*, Sperling & Kupfer, 1992].