

L'animatore digitale a scuola. Modello di analisi con simulazione ad agenti in NetLogo

The digital trainer in the school. NetLogo agent-based simulation model

Luciano Di Mele^a, Giuseppe Longo^{b,1}

^a Uninettuno, luciano.dimele@uninettunouniversity.net

^b Uninettuno, giuseppe.longo2016@gmail.com

Abstract

L'articolo presenta un modello ad agenti in ambiente NetLogo che permette la simulazione di diversi scenari del processo di digitalizzazione scolastica. L'obiettivo è offrire all'animatore digitale e agli stakeholder uno strumento di analisi basato su una visione sistemica della scuola.

Parole chiave: simulazione ad agenti; animatore digitale; complessità; Piano Nazionale Scuola Digitale

Abstract

The article concerns the building of a NetLogo agent-based model to simulate several scenarios regarding the digital school. This analysis tool is based on a systemic vision of the school and is intended to help digital trainers and stakeholders to improve the digitalization process.

Keywords: agent-based simulation; digital trainer; complexity; Piano Nazionale Scuola Digitale

¹ Il contributo è stato frutto della collaborazione dei due autori, ma la redazione dei singoli paragrafi è stata così suddivisa: Di Mele paragrafi 1, 2, 3, 4, 5, 7; Longo 6.

1. La scuola e la sfida digitale

Negli ultimi anni è stato varato il Piano Nazionale Scuola Digitale (MIUR, 2015), il cui obiettivo è quello di promuovere il cambiamento individuando i fattori chiave per introdurre l'innovazione tecnologica nelle scuole. Tale piano è un pilastro de La Buona Scuola (L. n. 107/2015), e dà particolare enfasi al termine “digitalizzazione” inteso non solo nella sua dimensione tecnologica, ma nella capacità di far interagire diversi soggetti (dirigente scolastico, animatore digitale, studenti, personale non docente, famiglie) per creare un cambiamento che sia innanzitutto culturale e che quindi non fa riferimento solo alla didattica, ma anche alla formazione del personale, all'amministrazione e gestione degli *asset* materiali ed immateriali, alla creazione di spazi di confronto dove l'apprendimento è conseguenza delle relazioni e interazioni di tali soggetti.

Le azioni sostenute dal PNSD in particolare sono tese a colmare il gap dell'Italia nei confronti di altri paesi europei, che riguarda il mondo del lavoro e l'imprenditorialità, una compiuta cittadinanza, nonché una più agile amministrazione pubblica. Ma tutto questo passa inevitabilmente attraverso la formazione dei docenti per arrivare alle competenze degli studenti.

L'adozione di nuove tecnologie nel mondo scuola, può cambiare in maniera radicale la didattica, in particolare alcuni vantaggi dichiarati dall'Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD, 2015) sono i seguenti:

- aumento della motivazione e del grado di coinvolgimento degli allievi;
- facilitazione del lavoro di gruppo e del confronto tra pari;
- impatto sullo stile di apprendimento dell'allievo;
- sviluppo di una maggiore creatività;
- sostegno ad allievi con Bisogni Educativi Speciali.

La sfida legata al passaggio da una didattica tradizionale ad una moderna basata sulle tecnologie è molto complessa, in quanto la dotazione di strumenti innovativi introduce nuovi aspetti da tenere in considerazione, tra i tanti l'apertura degli spazi scolastici ai territori reali e virtuali e una diversa relazione con gli studenti.

Il ruolo del docente deve dunque sapersi adeguare al contesto moderno, riconoscere la presenza di una molteplicità di fonti di informazione, di una pluralità di media e di forme di conoscenza (Unesco, 2008). Deve sapere inoltre comprendere i bisogni degli allievi, e sostenerli nella costruzione di modelli mentali che richiedono flessibilità e dinamicità. È necessario dunque rafforzare il ruolo del docente in modo che non diventi una figura formale, priva di una funzione reale, ma sappia guidare le nuove generazioni nel mondo dell'informazione.

Nel corso degli anni sono stati promossi numerosi progetti per formare gli insegnanti all'uso delle tecnologie e il PNSD (pp. 12-16) li ripercorre nei diversi aspetti attuativi e finanziari. I risultati si sono rivelati piuttosto disomogenei, condizionati dalla storia professionale del singolo docente, dagli specifici contesti scolastici e dalla continua evoluzione dei media digitali (Galliani & Frignani, 2015). Gli insegnanti si sono quasi naturalmente distribuiti su un continuum che vede agli estremi gli innovatori pionieristici da una parte e dall'altra i resistenti irriducibili alle pressioni del mondo tecnologico. Questa grande varietà di atteggiamento ha reso ancora più difficile l'evoluzione in senso positivo della scuola, e di conseguenza i risultati sul profitto degli studenti non sono stati migliori rispetto al passato (OECD, 2015). In sostanza la rivoluzione digitale non si è ancora

trasformata in un cambio di marcia per la scuola e gli insegnanti fanno tuttora i conti con nuove sfide che faticano a metabolizzare.

Da un'indagine TALIS del 2013 (OECD, 2014) risulta che l'Italia si attesta al primo posto per necessità di formazione dei propri docenti nell'ambito dell'Information & Communication Technology (ICT): il 36% si dichiara non sufficientemente adeguato all'adozione della didattica digitale, contro il 17% della media europea.

Un altro dato importante vede l'Italia come il primo Paese dell'OECD con un numero di docenti oltre i 50 anni: il 62% contro una media OECD del 35% nell'ambito della scuola secondaria.

Due sono gli elementi chiave che ad oggi ostacolano i docenti nel diventare una figura che sappia valorizzare la didattica per mezzo della tecnologia:

- la scarsa competenza tecnologica, vista anche l'età media alta dei docenti;
- il senso di inadeguatezza e frustrazione dovuto a queste lacune tecnologiche, sia nei confronti di altri insegnanti più esperti, sia nei confronti degli studenti.

Da un lato dunque il docente inesperto vive in maniera negativa la propria scarsa competenza, e questo può portarlo a rifiutare nuovi metodi didattici e rinforzare la validità dei propri metodi obsoleti, per il semplice motivo di voler difendere il proprio stato sociale nei confronti degli altri soggetti. Questo porta a forme di resistenza che incidono sulla motivazione e soprattutto sulla disponibilità a collaborare con altri insegnanti nella definizione di un ecosistema caratterizzato da positività e spirito di iniziativa. A questo si aggiunge inoltre il fatto che la formazione è onerosa e richiede molti sforzi intellettuali e molto tempo, e non sempre i docenti sono disposti ad offrire gratuitamente del tempo che superi il loro normale orario di lavoro, anche se la posta in gioco, ovvero poter offrire un servizio pedagogico migliore, è alta (European Commission/EACEA/Eurydice, 2015).

Un aspetto importante da tenere in considerazione è che, pur supponendo il livello di competenza adeguato, la sola competenza digitale non è sufficiente per poter vedere la tecnologia come un elemento che arricchisce l'offerta educativa. La tecnologia in sé infatti va vista solo come strumento abilitante, all'interno di uno scenario più ampio che vede l'importanza di definire nuovi metodi di apprendimento: collaborativi, costruttivi e partecipativi, dove l'aspetto relazionale e l'interazione sociale assumono un ruolo determinante.

Non bisogna aspettarsi dunque dei docenti esperti tecnologici, ma pensare ad essi come una figura con competenze sufficientemente adeguate il cui vero ruolo è di essere un facilitatore di percorsi didattici innovativi, pronti a definire strategie didattiche più efficaci. L'obiettivo del docente diventa dunque quello di valorizzare l'uso delle tecnologie in senso pedagogico e didattico, al fine di potenziare apprendimenti e competenze chiave.

Dunque gli aspetti chiave legati alla crescita dell'insegnante possiamo riassumerli nelle seguenti considerazioni:

- aumentare le competenze tecnologiche in modo da poter utilizzare lo strumento tecnologico in maniera adeguata e al massimo delle sue potenzialità;
- non limitarsi ad una competenza tecnica, ma considerare la tecnologia come strumento abilitante per introdurre nuovi metodi pedagogici e didattici;
- essere capace di relazionarsi in maniera positiva con gli altri docenti e con gli allievi, lasciando da parte resistenze dovute ad un senso di frustrazione a causa di scarse capacità tecniche;

- sapere filtrare l'overload di informazioni in modo da guidare l'allievo alla ricerca di un proprio metodo critico di studio che fa leva sulle sue capacità di costruire conoscenza;
- il docente deve inoltre conoscere i rischi connessi alle tecnologie, in modo da preservare la riservatezza, la dignità e l'incolumità degli allievi, proteggendoli da nuove forme di aggressione del cyberspazio.

2. Le sfide per l'animatore digitale

Per rendere possibile una più efficace attuazione di tutti gli obiettivi, il PNSD ha previsto per ogni scuola la figura dell'animatore digitale quale promotore di tutti i processi di innovazione. Freinet è ritenuto uno dei maggiori innovatori nell'ambito delle tecnologie scolastiche. Al rientro da un periodo estivo di studio e formazione scriveva: "quando mi ritrovai solo nella mia classe, nell'ottobre successivo, senza sostegno e senza l'appoggio morale dei pensatori che ammiravo, mi sentii disperato: nessuna delle teorie lette e capite poteva venir trasposta nella mia scuola di villaggio" (Freinet, 1969, p. 13). La solitudine dell'innovatore è una costante di ogni fase storica, e se il mondo di Freinet ci può sembrare duro e resistente ad ogni cambiamento, anche oggi chi innova percepisce quella distanza dall'ambiente in cui opera (Guglielmi, 2016) che rende ancora più difficile un compito di per sé già complesso. Le community degli animatori digitali sono molto frequentate, nate magari come conseguenza di un corso in presenza, continuano poi on line con lo scambio di informazioni ed esperienze (Castellani & Montegiove, 2016). Eppure appare quanto mai difficile per un animatore digitale portare nella scuola di appartenenza quanto di innovativo apprende nei corsi e nella pratica professionale.

Le indicazioni della Commissione Europea (European Commission, 2015) per un potenziamento dell'insegnamento nell'era digitale suggeriscono il collegamento costante tra formazione ed esperienza su campo per rendere effettivo ciò che viene appreso teoricamente. L'animatore digitale fa quindi continuamente i conti tra potenza e atto dei nuovi saperi che è chiamato a promuovere nella scuola. Un compito decisamente complesso se si considerano le tante realtà con cui deve interfacciarsi, sia interne alla scuola che nel territorio.

Di conseguenza per gli animatori digitali diventa cruciale la lettura dei contesti nei quali agiscono, nonché la capacità di adattamento della propria professione a quanto viene richiesto dagli ambienti formali e informali dell'apprendimento (Hayes, 2002).

3. La scuola come luogo di apprendimento sociale complesso

La partecipazione in termini generali ha assunto un notevole valore in questi ultimi anni, dove si chiede ai cittadini un coinvolgimento nelle decisioni riguardanti la vita pubblica; questo si manifesta nell'adesione a progetti e interventi nel territorio dove avviene la valorizzazione dei singoli individui per la creazione di un bene comune. La partecipazione è vista dunque come un modo privilegiato di formazione ed educazione alla cittadinanza attiva in tutte le sue forme, e la scuola, nell'ottica dell'innovazione sociale, è uno dei luoghi dove può avvenire questa crescita collaborativa.

La formazione partecipata promuove riflessioni condivise, analisi dei bisogni comuni, consapevolezza critica, cooperazione nel trovare soluzioni collettive, soprattutto individuando strategie di cambiamento ed adattamento comuni.

L'animatore digitale risulta pertanto più un facilitatore di relazioni che un portatore di specifiche competenze tecnologiche. Sotto la spinta dei media digitali la scuola stessa si sta scoprendo come una comunità di pratica dove gli attori, sia insegnanti che studenti, agiscono alla pari nei confronti delle tecnologie (Calvani, 2005). Queste ultime enfatizzano ciò che era stato sperimentato da tempo, l'apprendimento avviene su una base comune e condivisa di significato. Le comunità di pratica pertanto prevedono per i propri membri non solo un lavoro che si interfaccia con la conoscenza, ma un impegno orizzontale con gli altri componenti.

La comunità di pratica (Wenger, 1998) è caratterizzata da tre elementi: impresa comune, individui mutuamente impegnati e repertorio condiviso. Nella realizzazione della pratica si ha poi un processo di apprendimento tramite: creazione di significati, sviluppo dell'identità e senso di appartenenza.

Il compito condiviso lega dunque tra loro insegnanti, studenti, dirigente, famiglie e permette di "aggiungere valore" in modo da creare qualcosa di nuovo o differente attraverso un processo collaborativo deliberato e strutturato, in contrasto con un semplice scambio di informazioni o esecuzione di istruzioni. Il problema che nasce sta nel capire come fa ogni partecipante ad avere un quadro complessivo di come sta progredendo il lavoro.

Nelle comunità di apprendimento, come in quelle di pratica, vi sono mutue relazioni in cui nascono le negoziazioni. Il repertorio condiviso è costituito da tutti gli oggetti e procedure usati nello svolgimento della pratica, e dipende in ultima analisi dall'ambiente di apprendimento che il docente predispone (materiali, siti web, computer, procedure). L'impresa comune consistente nella realizzazione di un prodotto, di un servizio o di una soluzione ad un problema, e questi elementi portano alla realizzazione di un compito cooperativo.

I media digitali rendono ancora più complesso il sistema delle comunità di apprendimento e soprattutto rendono ogni istituto scolastico un mondo unico difficilmente replicabile. Lo studio pertanto dei fenomeni di un sistema sociale si sposta dalla comprensione delle capacità dei singoli agenti al tipo di relazione che si instaura tra gli agenti. Capire l'influenza delle dinamiche relazionali, che si riflettono a livello dell'intero sistema, risulta importante tanto quanto comprendere l'evoluzione delle competenze dei singoli individui; l'apprendimento del singolo dipende infatti anche dall'apprendimento integrato dell'intero gruppo di individui.

Affrontare lo studio di un ambiente scolastico che, attraverso la digitalizzazione, cerca anche l'innovazione, presuppone un cambio di paradigma scientifico che tende ad identificare la complessità degli agenti (De Toni & Barbaro, 2010). Questa prospettiva permette di capire le relazioni, senza isolare le diverse variabili, in modo da avere un quadro generale altrimenti difficile da comprendere.

Questo percorso può essere affrontato con l'analisi in profondità di un caso studio, ma, nel momento in cui il focus si sposta sulle relazioni, risulta di grande utilità anche nelle scienze sociali l'uso della simulazione quale strumento di analisi.

4. La simulazione come strumento di ricerca

La simulazione è una tecnica usata in ambito di ricerca operativa che permette la riproduzione del comportamento di un sistema tramite un modello astratto rappresentato al computer. Tale modellazione prevede in particolare la generazione casuale di eventi del sistema, e le procedure operative per interpretare le osservazioni statistiche. I vantaggi sono molteplici, in particolare (Gabbriellini, 2011):

- permette di ridurre drasticamente i costi per l'analisi di fenomeni reali e complessi che richiedono molte risorse economiche;
- data la complessità del sistema reale da analizzare, un ulteriore vantaggio è rappresentato dal minor tempo di implementazione che permette di analizzare il fenomeno con largo anticipo, prevedendo eventuali problematiche;
- permette di studiare fenomeni impossibili da studiare nella realtà, sia perché troppo rischiosi (es: studio di incendi), sia perché impossibili da riprodurre (es: terremoti, disastri naturali in genere);
- nella simulazione è possibile inoltre studiare diverse varianti dello stesso fenomeno, modificando in maniera semplice ed immediata dei parametri del modello con i valori desiderati;
- è possibile studiare fenomeni che durano troppo a livello temporale (es: previsione dei cambiamenti climatici nell'arco dei prossimi 100 anni in base al consumo stimato di idrocarburi).

4.1. Caratteristiche della simulazione ad agenti

Una delle peculiarità della simulazione ad agenti sta nell'offrire un grande contributo, nell'ambito delle scienze sociali, nell'analisi del fenomeno dell'emergenza, ovvero il fatto che nei diversi fenomeni sociali, a fronte di micro-comportamenti degli agenti, si riscontrano effetti macroscopici dove 'emergono' nuove norme comportamentali degli agenti stessi. I fenomeni sociali, rispetto a quelli naturali/biologici, sono affetti da tale emersione di nuove norme, data la natura psicologica degli agenti.

La simulazione mediante computer diventa dunque significativa come metodo d'indagine ed in particolare il modello ad agenti come strumento di modellizzazione. Tale strumento difatti consente di supportare spiegazioni causali di fenomeni sociali in una prospettiva analitica (Barbera, 2004; Hedström & Swedberg, 1998; Hedström, 2005) per mezzo di modelli formali, sopperendo ai limiti del metodo sperimentale nelle scienze sociali e rendendo possibile l'esplorazione della generatività come metodo di ricerca (Epstein, 2006).

In particolare l'emergenza si verifica se si verificano quattro condizioni:

- una proprietà macro del sistema non è prevedibile a priori, nemmeno per mezzo della perfetta conoscenza delle componenti micro;
- il fenomeno macro rilevato deve avere carattere di novità rispetto a quello che avviene a livello micro;
- il fenomeno macro deve essere invariante rispetto alle fluttuazioni del livello micro;
- una proprietà a livello macro deve poter influenzare in maniera casuale il comportamento delle componenti a livello micro.

La possibilità di spiegare macro fenomeni per mezzo della scomposizione in fattori, leggi ed istanze micro, permette di evitare la reificazione di entità e sistemi macro e favorisce

l'adozione di un approccio di tipo generativo. La scienza spesso si trova in difficoltà, davanti a sistemi complessi, nell'applicare un metodo di scomposizione analitica di riduzione a livello micro di un fenomeno macro; l'adozione di sistemi multi agenti può aiutare in tal senso a creare un modello pertinente alla realtà.

5. Il progetto di ricerca

La realizzazione di una scuola innovativa basata sul digitale, passa per le azioni del PNSD, ed in particolare sulla istituzione di animatore digitale (AD), ovvero una figura che si interfaccia con il dirigente scolastico (DS) e il direttore dei servizi generali ed amministrativi (DSGA), il quale avrà un ruolo strategico nella diffusione dell'innovazione nell'ambiente scolastico. In particolare le aspettative che ruotano attorno a tale figura sono legate a tre ambiti ben precisi:

- formazione interna;
- coinvolgimento della comunità scolastica;
- creazione di soluzioni innovative.

Le competenze richieste non sono solo tecniche, ma soprattutto legate alla capacità di coinvolgere in questo progetto tutti gli operatori che ruotano attorno al mondo della scuola.

L'obiettivo della ricerca è la costruzione di un ambiente ad agenti basato su un modello di interazione delle diverse figure professionali che operano a scuola, nonché su alcuni elementi di sistema come le tecnologie e la rete. Il modello si basa sulla mappa strutturale delle relazioni scolastiche (Di Mele, 2017), elaborata sullo stile di un sociogramma che connette tutte le componenti che intervengono nell'ambito della scuola. La mappa si costruisce a seguito di interviste semi strutturate agli stakeholder.

Per lo studio degli agenti e delle simulazioni è stato utilizzato il software NetLogo.

5.1. Analisi e definizione degli agenti

Il primo passaggio del processo è l'analisi e la definizione degli agenti, che viene effettuato sulla base delle osservazioni e la letteratura (Di Mele, 2017).

Animatore Digitale		Icona di un uomo
Dirigente Scolastico		Icona di un uomo con la valigia
Docente ordinario a bassa competenza tecnologica		Icona di un quadrato
Docente ordinario a media competenza tecnologica		Icona di un triangolo
Docente ordinario ad alta competenza tecnologica		Icona di una sfera
Docenti di sostegno		Icona smile

Figura 1. Mappature degli agenti mediante icone.

Le figure presenti nella simulazione NetLogo sono le seguenti (Figura 1):

- animatore digitale
- dirigente scolastico
- docenti, classificati a loro volta in
 - docenti con profilo tecnologico basso
 - docenti con profilo tecnologico medio
 - docenti con profilo tecnologico alto
 - docenti di sostegno
- studenti
- famiglie.

5.2. Definizione delle regole dell'interazione tra gli agenti

Il modello sviluppato in NetLogo utilizza il paradigma dell'energia, ogni docente possiede un livello energetico secondo un range di valori che va da 0 a 1000, per indicare il livello di coinvolgimento di un agente nel progetto di innovazione.

Il concetto di energia è mutuato dal concetto di agenticità della teoria social-cognitiva di Bandura (2001). L'agenticità è la capacità che ha un individuo di essere attivo in un sistema o in un particolare contesto. Questa capacità dipende da fattori personali, ma è fortemente condizionata da elementi ambientali e dalle interazioni con gli altri.

Gli agenti della simulazione in NetLogo sono pertanto dotati di una certa quantità di energia che evolve nel tempo. Per i diversi livelli di energia viene utilizzato uno specifico codice colori (Figura 2).

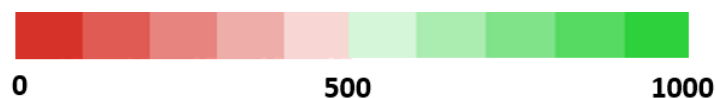


Figura 2. Codice colore del range di energia.

In particolare per ogni agente (animatore digitale e docenti), sarà possibile impostare il livello di competenza secondo una distribuzione di Poisson, caratterizzata da una media e da una varianza attorno al valor medio. Nella Figura 3 è visibile la classica forma a campana di una distribuzione di Poisson, che si concentra attorno ad un valor medio (0 in figura in quanto la distribuzione è normalizzata) e che assume una forma più o meno ristretta a seconda del valore della varianza.

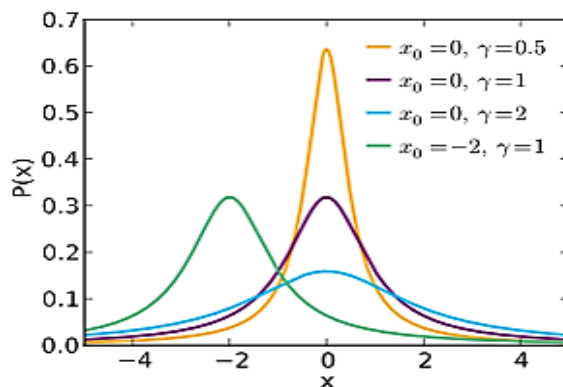


Figura 3. Distribuzione Normalizzata di Poisson.

Allo stesso modo sia per i docenti, che il dirigente scolastico, che per l'animatore, è definibile il proprio grado di competenza relazionale, tramite una variabile di Poisson con range $(-5,+5)$.

Gli studenti e le famiglie a differenza dei docenti non sono mappati come degli agenti in grado di spostarsi nello spazio, ma sono mappati come “zone dello spazio” che i docenti intercettano nei loro spostamenti. L'incidenza di tali incontri è tanto più marcata quanto più la distribuzione nello spazio di studenti e famiglie è maggiore (si hanno dunque gradienti di occupazione dello spazio che vanno da 0 a 100%). Tali attori dunque non hanno un'energia iniziale associata, ma intervengono solo a regime nell'incontro con eventuali docenti che si muovono nei paraggi. A seconda che una zona dello spazio consideri o meno la computazione dell'effetto delle famiglie e degli studenti, si ha uno specifico codice dei colori (Figura 4).



Figura 4. Schema dei colori delle patches che rappresentano gli studenti e le famiglie.

Lo spazio NetLogo vedrà dunque distribuirsi gli attori/agenti secondo gli schemi-colore delle energie e della presenza studenti-famiglie, creando un mondo virtuale (Figura 5).

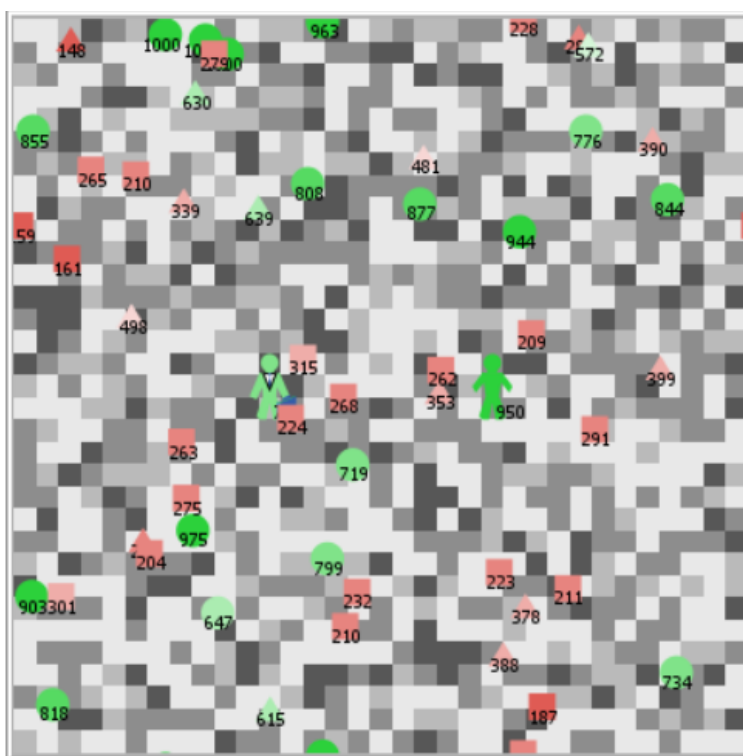


Figura 5. Distribuzione degli agenti, inclusi studenti e famiglie.

A questo punto vediamo cosa succede a regime e quindi cosa avviene durante le interazioni. Ad ogni passo successivo della simulazione i docenti, il dirigente scolastico e l'animatore

digitale si spostano in maniera casuale all'interno dello spazio. Dopo ogni spostamento verosimilmente alcuni agenti sono così vicini da interagire tra di loro; in tale interazione si considerano le loro energie attuali e si determina il gap di energia tra uno e l'altro, dovuto ad una differenza sia di competenze tecnologiche che relazionali. L'agente con più energia avrà un effetto positivo su quello con meno energia, ad esempio può trasferirgli competenze tecnologiche o entusiasmo e motivazione; viceversa l'agente con minore livello di energia produrrà sul collega un effetto negativo, non tanto dal punto di vista tecnico perché non può far diminuire le competenze già in possesso, ma in termini di motivazione in quanto fa sentire la sua resilienza al cambiamento che contribuisce a creare un clima di sfiducia. Ovviamente per rendere il trasferimento di energia dall'uno all'altro diverso, bisogna introdurre necessariamente delle nuove variabili che permettono di manipolare il gap e renderlo diverso nei due sensi; questo avviene grazie all'introduzione di due parametri psicosociali degli agenti, ovvero:

- la capacità di adattamento al cambiamento al quale ogni docente è chiamato a rispondere per far proprie le nuove metodologie didattiche che vanno a scardinare i propri modelli mentali;
- la capacità di persuasione, che al contrario di prima rafforza la resilienza dei docenti al cambiamento, cercando di influenzare i colleghi ad adottare i propri schemi mentali, sia in positivo che in negativo, quindi sia nel coinvolgere docenti meno esperti ad acquisire nuove competenze tecniche, ma anche al contrario a dissuadere gli utenti più tecnologici a perseverare nel cambiamento e persuaderli invece nel mantenere l'attuale equilibrio del sistema.

Le capacità di persuasione e adattamento sono determinate da due dimensioni psicologiche che intervengono quando si entra in relazione con gli altri, l'empatia e l'assertività. Sono proprio queste due dimensioni a condizionare il modo in cui gli individui sono più o meno capaci di stabilire relazioni costruttive (Fida, Paciello, Tramontano, Barbaranelli & Farnese, 2015).

Volendo tradurre in formule quanto sopra espresso potremmo definire il gap di energia di tipo tecnologico come:

$$\Delta E_{Tech12} = E_{TechAg1} - E_{TechAg2}$$

con $\Delta E_{Tech12} > 0$ opp. $\Delta E_{Tech12} < 0$ a seconda del verso della relazione, infatti vale anche:

$$\Delta E_{Tech12} = -\Delta E_{Tech21}$$

Il contributo di energia tecnologico (positivo o negativo) che viene realmente trasferito ($\Delta E_{TechXYreale}$) dipende appunto dall'indice di adattamento dell'agente 2 e dall'indice di persuasione dell'agente 1:

$$\Delta E_{Tech12reale} = \Delta E_{Tech12} * PersuasionIdxag1 * AdaptabiltyIdxag2$$

È facile notare che il $\Delta E_{Tech12reale}$ in un senso ($ag1 \rightarrow ag2$) sarà diverso dal $\Delta E_{Tech21reale}$ nell'altro senso ($ag2 \rightarrow ag1$), rendendo dunque il confronto diverso a parità di gap di energia $\Delta E_{Tech} = |\Delta E_{Tech12}| = |\Delta E_{Tech21}|$. Inoltre ricordiamo che il modello è stato raffinato facendo sì che: se il gap di energia ΔE_{Tech12} è superiore a $2 * E_{Techmax_ag2}$, allora il coefficiente di adattabilità ($AdaptabiltyIdxag2$) viene ridotto di una certa quantità determinata a priori nel codice (attualmente viene ridotto del 20%); questo accorgimento vuole rappresentare una situazione tipica dove lo spirito di adattamento viene a scemare davanti ad una forte discrepanza con il collega con cui ci si

confronta, simulando una sorte di effetto sfiducia nella propria capacità di colmare un divario molto ampio.

Vediamo ora come considerare i gap di energia di tipo sociale-relazionale. Innanzitutto si mediano le capacità relazionali del dirigente scolastico (head teacher) e dell'animatore digitale (tutor); i singoli valori sono rappresentati da una variabile di Poisson con range (-5, +5):

$$(\text{head_teacher_relat_skill} + \text{tutor_relat_skill}) / 2$$

Successivamente si sommano le capacità relazionali tra due docenti a confronto, anch'essi espressi da una variabile di Poisson con range [-5, +5]

$$\text{Ag1_relat_skill} + \text{Ag2_relat_skill}$$

E si sommano tra loro i due contributi. In questo modo le differenze relazionali tra i docenti sono comunque mediate dall'intervento congiunto del dirigente scolastico e del tutor, che teoricamente dovrebbe portare un contributo positivo al clima di gruppo.

A partire da questa nuova grandezza, si costruisce quindi, tramite opportuna conversione, una grandezza corrispondente che si esprime in termini di energia di tipo sociale-relazione e che denominiamo

$$\Delta E_{\text{Relat}12}$$

A questo punto il delta di energia complessivo che nasce dalla relazione tra due docenti considera sia la componente tecnologica che relazionale, sommando di fatto i due contributi

$$\Delta E_{\text{Totale}12} = \Delta E_{\text{Tech}12\text{reale}} + \Delta E_{\text{Relat}12}$$

Tale componente di energia, diversa nei due sensi, va a determinare i nuovi livelli di energia dei docenti dopo il confronto; allo stesso modo vengono modificati le capacità tecnologiche e relazionali di ogni singolo docente.

Si ricorda ancora che l'energia E di ogni docente può variare solo all'interno di due estremi E_{max} ed E_{min}. Un docente con bassissima competenza in questo modo non potrà raggiungere vette elevate, e viceversa un docente molto competente non potrà veder diminuita la propria energia eccessivamente (l'energia relazionale diminuisce, ma non può diminuire la sua competenza tecnica). L'unico modo per variare tali soglie e permettere all'energia E di coprire altri range di valori, consiste nella formazione (tecnologica o comunicativa), che aumenta la capacità potenziale di ogni docente, dunque le capacità tecniche o relazionali.

L'interazione con gli studenti e le famiglie invece avviene perché lo spazio in NetLogo è suddiviso in aree elementari chiamate patches, dove sono stati collocati studenti e/o famiglie con una certa percentuale di disseminazione parametrizzata in fase di setup. Sempre in fase di setup sia per gli studenti che per le famiglie si stabilisce un attributo di influenza, anch'esso valorizzato secondo una distribuzione di Poisson.

Il contributo degli studenti e delle famiglie sarà dunque sempre o positivo o nullo, mai negativo e sarà proporzionale a:

- percentuale di disseminazione nello spazio (presenza nelle patches);
- livello di influenza (distribuzione di Poisson con media e varianza).

Con questa parametrizzazione l'energia del docente verrà incrementata di un ulteriore Δ , in particolare di un valore di energia in termini assoluti proporzionato al livello di influenza del singolo studente/famiglia.

6. Risultati delle simulazioni

NetLogo permette pertanto di impostare i parametri e di far girare gli agenti per verificare gli esiti delle interazioni, nel nostro caso espressi in variazioni di energia. È possibile stabilire una grande varietà di scenari diversi settando i valori iniziali di ogni agente.

In questo studio vengono presentati solo tre Use Case emersi durante le simulazioni. Per i valori iniziali ci si è attenuti a variabili tendenti al valore medio.

6.1. Use Case “Livello relazionale dell’animatore digitale tutor e del dirigente scolastico”

Il primo si focalizza sui livelli relazionali di due figure chiave, l’animatore digitale e il dirigente scolastico identificati dagli agenti Tutor e Head Teacher. In che modo reagirà il sistema se queste due figure hanno elevate o basse competenze relazionali?

I parametri fondamentali del modello per questo use case sono:

- numero di docenti ad alta competenza: 10;
- numero di docenti a media competenza: 30;
- numero di docenti a bassa competenza: 60;
- numero di docenti di sostegno: 0.

Il grado di expertise per ogni categoria di docenti lo esprimiamo secondo una variabile di Poisson dotata di media e varianza. La media può assumere un range di valori da 0 (bassa competenza) a 10 (alta competenza). La dispersione della varianza appartiene al range (0, 5).

- expertise docenti ad alta competenza: media=8, varianza=1,5;
- expertise docenti a media competenza: media=4, varianza=1,0;
- expertise docenti a bassa competenza: media=2, varianza=0,5.

Anche per gli indici di adattabilità e di persuasività vale l’utilizzo di una variabile di Poisson. In entrambi i casi la media assume valori all’interno del range [0, 10], mentre la varianza adotta il range [0, 5]

- adattabilità: media=5, varianza=1,0;
- persuasività: media=5, varianza=1,0.

Interessa ora capire come evolve la propensione verso l’innovazione per la popolazione in esame, tenendo conto del contributo del tutor e del dirigente scolastico.

Per tali figure valorizziamo la propria capacità relazionale secondo una variabile di Poisson con range (-5, +5). Distinguiamo due casi:

- caso A: entrambi hanno valori negativi (es: -5), la loro media dunque è negativa (-5) e questo si riflette negativamente sulla creazione di un clima relazionale di fiducia tra i docenti;
- caso B: entrambi hanno valori positivi (es: +5), la loro media dunque è positiva (+5) e questo si riflette positivamente sulla creazione di un clima relazionale di fiducia tra i docenti.

Dalla Figura 6 si evince come il clima di gruppo riflette la capacità relazione del tutor e del dirigente scolastico, in particolare:

- il primo grafico del caso A (contributo relazionale negativo) evidenzia come aumentano i docenti a bassa energia (linea rossa) e diminuiscono i docenti ad alta energia (linea verde), nel caso B invece si ha un'inversione di tendenza. Ovviamente tale miglioramento ad un certo punto si stabilizza, e la linea rossa rimane al di sopra di quella verde, semplicemente perché è necessaria anche la formazione dei docenti per promuovere l'innovazione digitale, bisogna quindi trasferire loro anche competenze tecnologiche. Ma L'aspetto relazionale è comunque evidente già a prescindere da accorgimenti formativi;
- il secondo grafico mostra l'andamento dell'energia media aggregata dell'intera popolazione dei docenti. Ovviamente il caso B denota un trend crescente per via della crescita dello spirito di gruppo e della motivazione, mentre nel caso A si avverte un trend leggermente in fase calante o comunque stabile. Si ricorda che tale energia media è intesa come la somma dell'aspetto relazionale e di quello relativo alla competenza tecnologica;
- il terzo grafico evidenzia l'andamento dell'energia media aggregata dell'intera popolazione dei docenti, relativo alla sola componente relazionale. Nuovamente si evince un andamento crescente solo nel caso B, fino al punto di stabilizzazione, mentre il caso A mostra un andamento decrescente. Gli andamenti rispecchiano nel trend quelli del secondo grafico, ma ovviamente sono più accentuati proprio perché depurati della componente tecnologica.

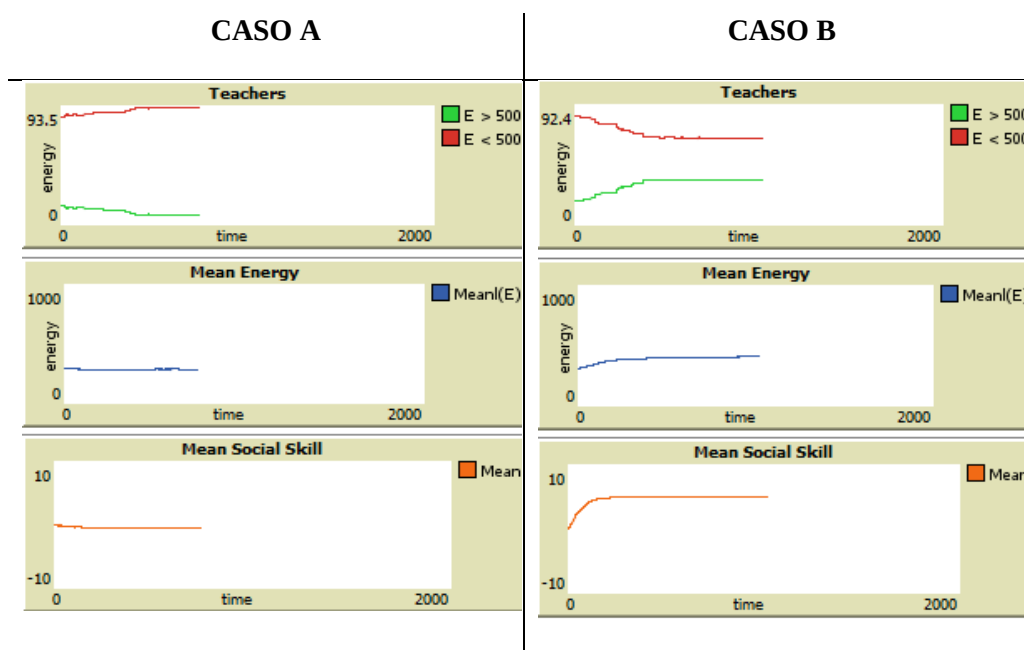


Figura 6. Monitoraggio grandezze caratteristiche
(Use Case “Livello relazionale dell’animatore digitale e del dirigente scolastico”).

6.2. Use Case “Docenti di sostegno”

I docenti di sostegno rappresentano una categoria di docenti ad alto livello di flessibilità e adattabilità. Il loro ruolo nella scuola generalmente si configura come responsabili principali dell'inclusione e dell'accompagnamento degli insegnanti disciplinari nella didattica di classe (Ianes, 2015). Il secondo Use Case analizza qual è la loro influenza nel sistema scolastico.

I parametri fondamentali del modello per questo use case sono:

- numero di docenti ad alta competenza: 10;
- numero di docenti a media competenza: 30;
- numero di docenti a bassa competenza: 60;
- numero di docenti di sostegno: 7.

Il grado di expertise per ogni categoria di docenti lo esprimiamo secondo una variabile di Poisson dotata di media e varianza. La media può assumere un range di valori da 0 (bassa competenza) a 10 (alta competenza). La dispersione della varianza appartiene al range (0, 5):

- expertise docenti ad alta competenza: media=8, varianza=1,5;
- expertise docenti a media competenza: media=4, varianza=1,0;
- expertise docenti a bassa competenza: media=2, varianza=0,5.

Anche per gli indici di adattabilità e di persuasività vale l'utilizzo di una variabile di Poisson. In entrambi i casi la media assume valori all'interno del range (0, 10), mentre la varianza adotta il range (0, 5):

- adattabilità: media=5, varianza=1,0;
- persuasività: media=5, varianza=1,0.

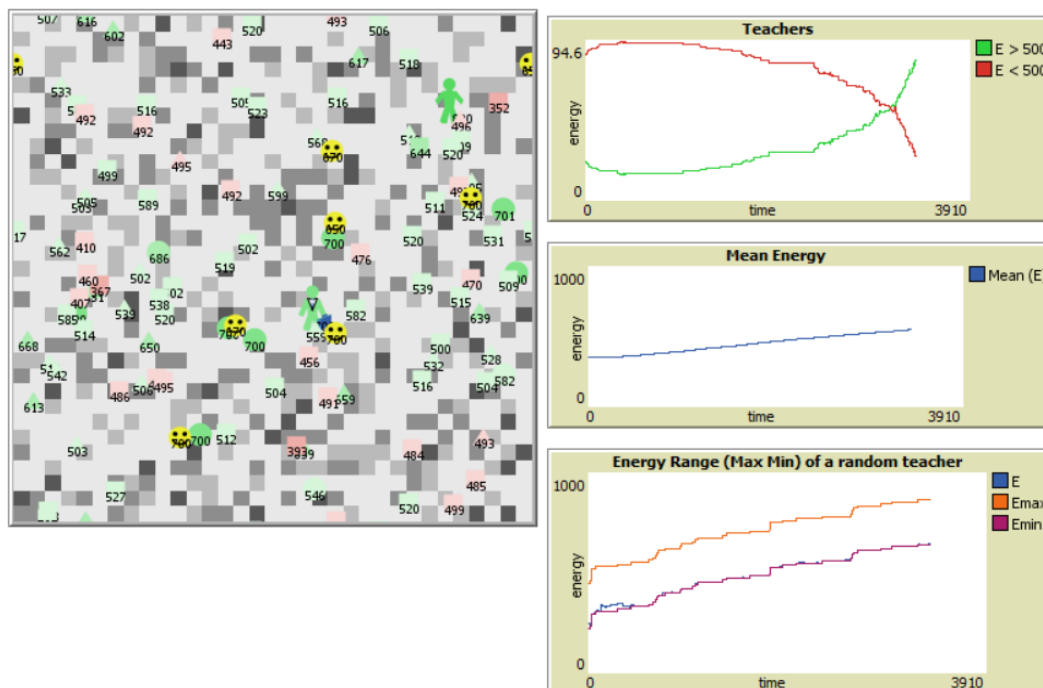


Figura 7. Monitoraggio grandezze caratteristiche (Use Case “Docenti di Sostegno”).

Dalla Figura 7 si nota come l’apporto dei docenti di sostegno dia un contributo molto positivo, gli agenti tendono ad aumentare la propria energia, in particolare si evidenzia:

- il mondo virtuale degli agenti mostra la scomparsa quasi completa di agenti di colore rosso, e sicuramente gli agenti ancora a bassa energia presentano comunque una tonalità di rosso molto meno intensa;

- il primo grafico evidenzia come nella fase iniziale apparentemente aumentano i docenti a bassa energia (linea rossa) e diminuiscono i docenti ad alta energia (linea verde), ma nelle fasi successive l'effetto dei docenti di sostegno fa invertire il trend, e le linee tendono ad incrociarsi e ad invertirsi sempre più rapidamente;
- il secondo grafico mostra nuovamente l'incremento abbastanza lineare dell'energia media aggregata di tutti gli agenti;
- il terzo grafico evidenzia come l'incremento di energia è particolarmente efficace perché l'apporto dei docenti sposta verso l'alto le soglie di energia $E_{\max}$ ed $E_{\min}$.

I risultati di questo Use Case sono molto interessanti perché mettono in luce come l'apporto dei docenti di sostegno possa essere un valido strumento a disposizione dell'animatore digitale. L'effetto risultante è simile ai corsi di formazione, in quanto rispetto al semplice sostegno tecnologico saltuario, l'interazione quotidiana con i colleghi e la modalità di relazione più amichevole permette di aumentare le abilità dei docenti meno esperti di tecnologia.

6.3. Use Case “Studenti”

La letteratura indica la relazione tra docenti e studenti come una delle variabili determinanti per lo sviluppo delle tecnologie digitali a scuola (OECD, 2014). In particolare la soddisfazione degli insegnanti nell'espletamento del proprio lavoro sembra avere un effetto positivo sugli esiti educativi degli studenti (Caprara, Barbaranelli, Steca, & Malone, 2006).

I parametri fondamentali del modello per questo use case sono:

- numero di docenti ad alta competenza: 10;
- numero di docenti a media competenza: 30;
- numero di docenti a bassa competenza: 60;
- numero di docenti di sostegno: 0.

Il grado di expertise per ogni categoria di docenti si esprime secondo una variabile di Poisson dotata di media e varianza. La media può assumere un range di valori da 0 (bassa competenza) a 10 (alta competenza). La dispersione della varianza appartiene al range (0, 5):

- expertise docenti ad alta competenza: media=8, varianza=1,5;
- expertise docenti a media competenza: media=4, varianza=1,0;
- expertise docenti a bassa competenza: media=2, varianza=0,5.

Anche per gli indici di adattabilità e di persuasività vale l'utilizzo di una variabile di Poisson. In entrambi i casi la media assume valori all'interno del range (0, 10), mentre la varianza adotta il range (0, 5):

- adattabilità: media=5, varianza=1,0;
- persuasività: media=5, varianza=1,0.

Per quanto riguarda gli studenti specifichiamo la percentuale di disseminazione, e una variabile di Poisson con media e varianza che esprime il grado di influenza che assegniamo agli studenti nella relazione con i professori. In genere assumeremo valori medi per garantire un certo bilanciamento dei dati:

- % disseminazione: 50%;
- grado di influenza: media=5,0 varianza=1,0.

Dalla Figura 8 si evince come la partecipazione degli studenti può avere effetti molto positivi, infatti:

- il mondo virtuale degli agenti mostra la presenza predominante di agenti verdi ad alta energia;
- il primo grafico mostra le linee rossa (docenti a bassa energia) e verde (docenti ad alta energia) incrociarsi rapidamente con forti pendenze per poi diventare parallele una volta che il fenomeno dovuto al contributo degli studenti perde di intensità;
- il secondo grafico mostra una energia media aggregata di tutti gli agenti crescente, che presenta un asintoto in corrispondenza del fatto che le linee del primo grafico diventano parallele;
- il terzo grafico mostra come le soglie $E_{\max}$ ed $E_{\min}$ tendono inizialmente ad aumentare, consentendo all'energia E di crescere secondo valori consistenti. Anche le soglie successivamente si appiattiscono e diventano parallele in concomitanza con lo stesso fenomeno osservabile nel primo grafico.

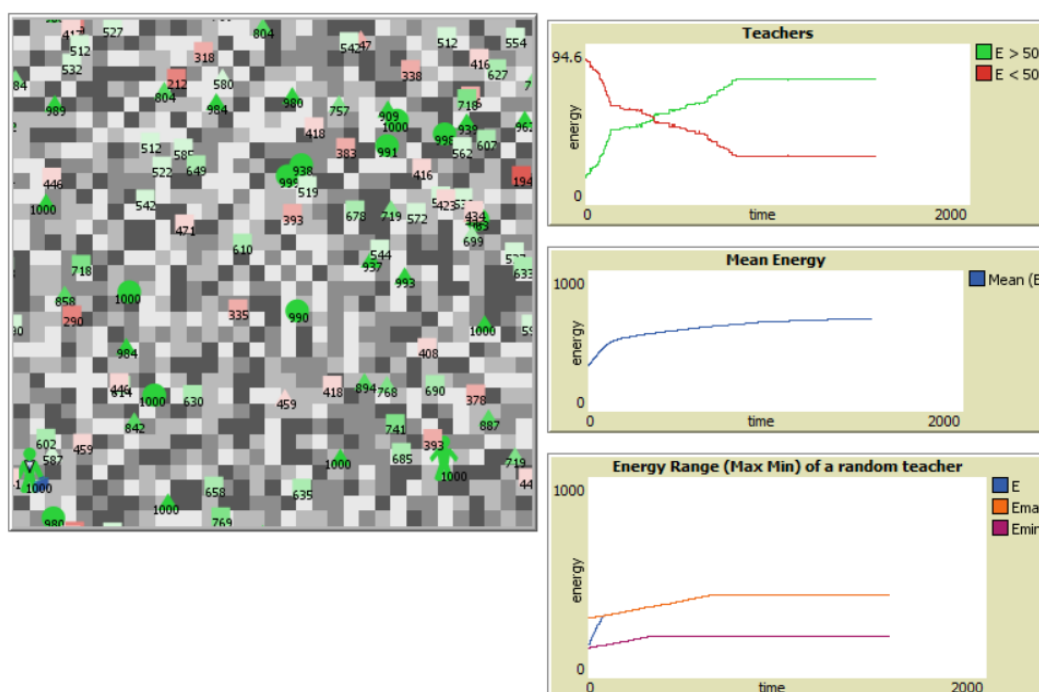


Figura 8. Monitoraggio grandezze caratteristiche (Use Case “Studenti”).

Questo caso di studio è importante perché dai grafici ottenuti possiamo dire che il sostegno quotidiano di studenti, sostanziato in una relazione aperta e continua, può aiutare i docenti meno esperti ad aumentare le proprie competenze. L'effetto finale è assimilabile all'effetto della formazione, di fatto possiamo anche dire che questo esperimento ricorda molto l'esperimento che ha visto i docenti di sostegno come potenziali formatori oltre che semplici assistenti. Ovviamente il fenomeno non è infinito, e ad un certo punto si stabilizza (linee parallele), ma nel momento in cui si stabilizza le energie degli agenti hanno assunto ormai dei valori molto positivi.

7. Conclusioni

Le barriere che la scuola incontra sono molteplici ed ampiamente descritte nel Piano Nazionale Scuola Digitale che tratta molti temi di diversa natura, tra cui le carenze infrastrutturali, e le urgenze di avere delle connessioni internet veloci, affidabili e diffuse in tutto il territorio. Limitatamente alle insidie che si presentano all'animatore digitale, il grosso ostacolo è rappresentato dalla scarsa competenza tecnologica di molti docenti, dalla loro resilienza al cambiamento, da un'incertezza di fondo che accompagna tutti gli attori davanti a queste novità. All'animatore spetta il compito di produrre un ecosistema che integri i diversi attori, che non si limiti però al solo coinvolgimento del personale docente, amministrativo e del dirigente scolastico, ma che tenga conto delle famiglie, degli studenti e degli enti territoriali. A lui spetta il gravoso compito non solo di promuovere delle competenze tecniche, ma anche e soprattutto di promuovere una cultura dell'innovazione che si regga sulla soddisfazione dei vari attori, sulla capacità di interagire e relazionarsi, sulla volontà di condividere e collaborare e sentirsi parte di un progetto unico dove ognuno può apportare il proprio contributo.

Dalla simulazione ad agenti si possono trarre diversi spunti, si può dedurre ad esempio come l'interazione sociale e la crescita relazionale tra gli agenti sia sicuramente un elemento importante e fondamentale per sostenere ogni tipo di iniziativa, ma non è sufficiente perché è necessaria, in maniera parallela, anche una crescita a livello tecnico da parte del personale della scuola. Il semplice supporto tecnologico può aiutare a risolvere un problema estemporaneo, ma non aiuta ad accrescere le competenze dei docenti, mentre dei corsi di formazione possono aiutare in tal senso. L'adozione di docenti di sostegno sono una grande risorsa su cui si può far leva, grazie al fatto che spesso sono persone giovani competenti tecnologicamente, sono quotidianamente a contatto con una pluralità di docenti, e il rapporto che instaura con i colleghi è un rapporto di lavoro molto stretto e non occasionale; per questo motivo la presenza dei docenti di sostegno produce un effetto simile alla formazione.

Il coinvolgimento degli studenti è altrettanto produttivo, possono essere visti come una risorsa pregiata da sfruttare, perché anche loro, come i docenti di sostegno, hanno un rapporto privilegiato e continuativo con i propri professori, e da loro possono nascere effetti simili alla formazione, che vanno quindi ad accrescere le competenze dei docenti e dei compagni di classe.

Il modello di analisi si presta ad un uso formativo per gli insegnanti, infatti evidenzia la coesistenza di diversi fattori per il successo dell'innovazione digitale a scuola. I docenti sono pertanto aiutati dalla simulazione a spostare l'attenzione da una competenza individuale alla rete di relazioni che gli agenti generano nelle interconnessioni. Questo può dare un contributo importante nella pianificazione dei progetti scolastici in ambito digitale ed operare scelte che tengano conto della dimensione sistemica del contesto scolastico.

Bibliografia

- Bandura, A. (2001). Social cognitive theory: An agentic perspective. *Annual Review of Psychology*, 52, 1–26.
- Barbera, F. (2004). *Meccanismi sociali: elementi di sociologia analitica*. Bologna: Il Mulino.

- Calvani, A. (2005). *Rete, comunità e conoscenza. Costruire e gestire dinamiche collaborative*. Trento: Erickson.
- Caprara, G.V., Barbaranelli, C., Steca, P., & Malone, P.S. (2006). Teachers' self-efficacy beliefs as determinants of job satisfaction and students' academic achievement: A study at the school level. *Journal of school psychology*, 44(6), 473–490.
- Castellani, A., & Montegiove, S. (2016). Fare Community per innovare la scuola. *Bricks*, VI(4), 54–57.
- De Toni, A.F., & Barbaro, A. (2010). *Visione evolutiva. Un viaggio tra uomini e organizzazioni, management strategico e complessità*. Milano: ETAS.
- Di Mele, L. (2017). Complessità e tecnologie scolastiche. In M. Rui. (ed.), *Design the future!* (pp 80-90). Proceedings Multiconferenza EM&M Italia.
- European Commission (2015) *Strengthening teaching in Europe* http://ec.europa.eu/dgs/education_culture/repository/education/library/policy/teaching-profession-practices_en.pdf (ver. 15.12.2017).
- European Commission/EACEA/Eurydice, (2015). *The teaching profession in Europe: practices, perceptions, and policies*. Eurydice Report. Luxembourg: Publications Office of the European Union. http://eacea.ec.europa.eu/education/eurydice/documents/thematic_reports/184EN.pdf (ver. 15.12.2017).
- Epstein, J. L. (2001). *School, family and community partnerships: Preparing educators and improving schools*. Boulder, CO, USA: Westview Press.
- Epstein, J. M. (2006). *Generative social sciences. Studies in Agent-Based Computational Modeling*. Princeton e Oxford: Princeton University Press.
- Fida, R., Paciello, M., Tramontano, C., Barbaranelli, C., & Farnese, M. L. (2015). “Yes, I Can”: the protective role of personal self-efficacy in hindering counterproductive work behavior under stressful conditions. *Anxiety, Stress, & Coping*, 28(5), 479–499.
- Gabbriellini, S. (2011). *Simulare meccanismi sociali con NetLogo. Una introduzione*. Milano: Franco Angeli.
- Galliani, L., & Frignani, P. (eds) (2015). Le Tecnologie a scuola. *Formazione&Insegnamento*, XIII(3), 119–166.
- Giannoli, F. (2016). PNSD: per una formazione sostenibile alla didattica innovativa e digitale. *Bricks*, VI(4), 45–53.
- Guglielmi, G. (2016). La solitudine dell'animatore digitale. *Bricks*, VI(4), 15–21.
- Hayes, J. (2002). *Interpersonal skills at work*. London: Routledge.
- Hedström, P. (2005). *Dissecting the social. On the principles of analytical sociology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Hedström, P., & Swedberg, R. (1998). *Social mechanisms: an analytical approach to social theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ianes, D. (2015). *L'evoluzione dell'insegnante di sostegno. Verso una didattica inclusiva*. Trento: Erickson.

- Legge 13 luglio 2015, n. 107. *Riforma del sistema nazionale di istruzione e formazione e delega per il riordino delle disposizioni legislative vigenti*. <http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2015/07/15/15G00122/sg> (ver. 15.12.2017).
- OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development (2013). *Education at glance 2013*. OECD Indicators, OECD Publishing. http://www.oecd-ilibrary.org/education/education-at-a-glance-2013_eag-2013-en (ver. 15.12.2017).
- OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development (2014). *Talis 2013 Results: An International Perspective on Teaching and Learning*. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264196261-en> (ver. 15.12.2017).
- OECD. Organisation for Economic Co-operation and Development (2015). *Students, Computers and Learning: Making the Connection*, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264239555-en> (ver. 15.12.2017).
- MIUR. Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca (2015). *Piano Nazionale Scuola Digitale*. http://www.istruzione.it/scuola_digitale/allegati/Materiali/pnsd-layout-30.10-WEB.pdf (ver. 15.12.2017).
- NetLogo software. <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/> (ver. 15.12.2017).
- Unesco (2008). *ICT - Competency Standards for Teachers*. <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001562/156207e.pdf> (ver. 15.12.2017).
- Wenger, E. (1999). *Communities of practice: learning, meaning, and identity*. Cambridge: Cambridge University Press.