

## **Geografia artificiale, geni e mutuo appoggio**

**Giancarlo Macchi Jánica<sup>1</sup>**

Dipartimento di Scienze Storiche e dei Beni Culturali  
Università di Siena  
giancarlo.macchi@unisi.it

**Massimiliano Grava**

Dipartimento di Civiltà e Forme del Sapere  
Università di Pisa  
massimiliano.grava@cfs.unipi.it

---

---

### **Abstract**

I multi-agenti rappresentano oggi uno dei principali metodi per la validazione o confutazione di ipotesi o modelli complessi. Nell'ambito di diversi settori disciplinari, le teorie sulla vita artificiale (intesa come partecipazione o dinamiche di ecosistemi digitali) hanno ulteriormente rafforzato la struttura epistemologica e gli obiettivi della ricerca. Per la geografia, i multi-agenti rappresentano un metodo che consente – fra le tante altre cose – di produrre teorie sulla relazione intrinseca tra spazio, organismi ed ecosistemi. All'interno di questa cornice di riferimento, l'esperienza di ricerca descritta in queste pagine ha visto la definizione dei principi fondamentali di un modello di tipo vegetale che mira principalmente a produrre elementi utili alla riflessione sui rapporti tra organismi e spazio. Nel tentativo di produrre evidenze utili al dibattito sul gene egoista, il modello digitale ha messo in luce come la “vita” sia piuttosto caratterizzata da processi di collaborazione, mutua partecipazione e beneficio reciproco, come correttamente suggerito da Kropotkin. Una delle acquisizioni più importanti maturate con questo studio è quella dell'identificazione degli effetti significativi di condizionamento esercitato dallo spazio sulle dinamiche delle forme di vita. Si tratta di osservazioni che consentono di ipotizzare in modo speculativo la nozione di spazio o geografia artificiale.

---

<sup>1</sup> Benché il testo sia il risultato del comune lavoro dei due autori, Giancarlo Macchi Jánica ha curato in particolare i paragrafi “Premessa”, “Vita Artificiale”, “«Weak» e «strong claim»”, “Simulazione contro creazione” e “Agenti egoisti”. Massimiliano Grava ha curato “Metodologia”, “Risultati di sgW1”, “sgW2: gene egoista contro gene del mutuo appoggio” e “Risultati di sgW2”. il paragrafo “Conclusioni: verso un altruismo reciproco” è una collaborazione tra i due autori.

## Keywords

Multi agents; selfish gene; mutual aid; simulation

---

## Premessa

Nelle conclusioni del suo volume *Mutual Aid*, Pëtr Kropotkin affermava come «*in the animal world we have seen that the vast majority of species live in societies, and that they find in association the best arms for the struggle for life [...] The animal species, in which individual struggle has been reduced to its narrowest limits, and the practice of mutual aid has attained the greatest development, are invariably the most numerous, the most prosperous, and the most open to further progress. [...] The unsociable species, on the contrary, are doomed to decay*» (Kropotkin, 1902, 293). Tale concetto è preso qui in prestito come sintesi delle conclusioni alle quali l'esperienza presentata in queste pagine è giunta. Nella nostra ricerca, le tecniche di modellazioni per agenti – contestualizzate dentro una riflessione epistemologica sul tema della vita artificiale – sono state impiegate per offrire elementi utili a una riflessione sul presunto egoismo dei geni, ovvero a un dialogo sul mutuo appoggio e la collaborazione non solo come paradigma evolutivo (Margulis, 1995, 119-120) delle specie, ma soprattutto quale provocazione critica sulle strategie per la sopravvivenza e lo sviluppo delle società umane e sulla natura e struttura ontologica dei modelli socio-economici. Si può essere certi che l'egoismo e l'individualismo del più forte siano il meccanismo più adeguato per consentire alle società di compiere le transizioni e i mutamenti storici?

Non esiste possibilità di osservare in modo autoptico i processi evolutivi che caratterizzano le specie viventi. I metodi qui discussi serviranno quale espediente di simulazione delle condizioni all'interno delle quali tali mutamenti prendono forma. È attraverso questi processi che è possibile verificare quanto meno l'attendibilità di ipotesi e paradigmi. La simulazione della vita artificiale è possibile oggi soprattutto grazie alla metodologia definita *multi-agent systems* (MAS) oppure *agent based models* (ABM). La metodologia per agenti rappresenta una tecnica nuova e per questo appare indispensabile esaminare, quantomeno sommariamente, i diversi campi e ambiti in cui sinora i geografi l'hanno applicata. Più avanti si farà un breve cenno a proposito della logica e del processo applicativo dei modelli multi-agente. Nonostante la sua recente diffusione nel campo delle scienze sociali, esiste comunque da tempo un dibattito in campo geografico tale da costituire una base epistemologica sufficientemente solida in grado di fornire una serie di punti fermi alla nostra riflessione. Dawn *et alii* (2003) (peraltro in una fase molto precoce per la geografia) hanno presentato uno dei primi testi di rilevanza su questo argomento, dimostrando come i sistemi e le tecniche multi agente potessero essere effettivamente utilizzati nella modellazione dell'utilizzo del suolo e dei cambiamenti delle destinazioni dell'utilizzo dei terreni. Successivamente An *et alii* (2005, p. 55) hanno messo in evidenza come la modellazione basata su agenti (simile alla singola base di modellizzazione in molti studi ecologici) sia una metodologia utile ad affrontare la complessità. Uno dei contributi più importanti nell'ambito delle scienze sociali è stato dato da Epstein (2005) che nel suo saggio *Agent-Based Computational Models and Generative Social Science*, ha definito l'ambito dei campi applicativi dei modelli multi-agente, estendendo tale nozione fino a «nuovo strumento scientifico» e all'idea di tecnica efficace per la modellazione della società artificiale. Epstein è stato una delle prime figure ad avere posto in modo efficace la domanda sul modo in cui le interazioni locali decentralizzate di agenti autonomi eterogenei generino la regolarità nel sistema. Li *et alii* (2011) hanno applicato in maniera efficiente i metodi della simulazione per agenti per simulare i cambiamenti dell'uso del suolo a livello urbano. Sempre in ambito squisitamente geografico Paul M. Torrens ha evidenziato l'importanza della modellazione per agenti come schema essenziale per la decodifica e comprensione dei sistemi complessi (2010, 138-

139). Sempre Torrens (2012, p. 37) ha segnalato il valore e l'importanza dei metodi di modellazione per agenti utilizzate per casi reali, ma soprattutto – come nel caso presentato in queste pagine – per la formulazione di ipotesi teoriche, proposta di azioni politiche e pianificazione. Parallelamente Torrens ha dimostrato il valore inestimabile delle modellazioni per agenti applicate alla deambulazione dei pedoni in ambito urbano. Tra lavori recenti e degni di nota in ambito geografico vi è quello di Sven Grashey-Jansen (2014). È dunque all'interno dei modelli basati su multi-agent systems che prendono vita oggi i modelli di simulazione dei processi evolutivi.

Naturalmente una domanda immediata è quella sul perché la geografia si dovrebbe occupare di un tema come quello della validazione delle teorie evolutive in biologia. La risposta è tanto semplice quanto provocatoria. Come verrà discusso in seguito, lo spazio rappresenta un agente passivo, ma non per questo ininfluente. Da una parte la geografia è per vari versi la scienza dello spazio (Haggett, 1993, 64-69). In ogni caso lo spazio (concetto che verrà approfondito dettagliatamente più avanti) rappresenta in queste pagine un fattore determinante e discriminante della logica interpretativa che si è cercato di condurre con questa sperimentazione.

### Vita artificiale

Uno dei temi scientifici emergenti e più significativi degli ultimi due decenni è dunque quello della vita artificiale, *artificial life* o semplicemente AL (Moreno, 2002, 401). Da un punto di vista filosofico, problema intrinsecamente difficile proprio perché, prima ancora di potere definire cosa si intenda per AL, è necessario chiarire il significato del termine “vita” (Bedau, 2007, 597-98). Compito evidentemente arduo, sia per le implicazioni linguistiche e ontologiche collegate alla rappresentazione di concetti astratti (Margolis and Laurence, 2007), sia per le connessioni con la scala dalla quale si osserva, sia essa sociale, individuale, organica, cellulare, genetica o atomica (Schrödinger, 1967; Sarkar, 1991, 631; Ackley and Littman, 1991, 487). Nel caso specifico i dizionari e le loro definizioni mettono in evidenza le proprietà (teoriche) o i meccanismi fisiologici, l'inizio o la fine, e i processi che caratterizzano la vita; ma le spiegazioni non giungono mai al chiarimento di cosa in definitiva tale fenomeno sia. Va da sé che definizioni che si caratterizzano per descrivere la vita come qualità attribuibile a organismi viventi siano tautologiche e perciò inutilizzabili (Cleland and Chyba, 2002, 391). Cosa sia la vita è una domanda troppo profonda, probabilmente senza possibilità di risposta (Boden, 2001, 12-13). E per evidenti problemi di spazio non può essere ripercorso in questa sede l'intera disputa intorno a tale quesito. Ci limitiamo dunque a fare riferimento a due fra le figure più rilevanti del dibattito. Da una parte il già citato Schrödinger con il suo celebre volume *Cosa è la vita* che poneva la domanda da un punto di vista fisico, diverso perciò da quello della cellula o dell'organismo. Un altro contributo fondamentale è stato invece quello di Lynn Margulis che lucidamente ha evidenziato come la vita “... is distinguished not by its chemical constituents but by the behavior of its chemicals. The question ‘What is life?’ is thus a linguistic trap. To answer according to the rules of grammar, we must supply a noun, a thing. But life on Earth is more like a verb. It repairs, maintains, recreates, and outdoes itself.” (Margulis and Sagan, 1995, 14).

Nel suggerire un verbo e non un nome la Margulis evidenzia semplicemente come la vita sia un processo e non una cosa o un qualcosa. L'elemento che rende speciale e particolare questo tipo di processo sembra essere la capacità di auto-conservazione del proprio dinamismo o l'auto-conservazione del proprio dinamismo o vigore. Secondo David Ackley la vita può essere intesa come una condizione che garantisce “la dinamica di continuità di un dato *pattern*” all'interno dello spazio e del tempo (Ackley 2013). Perciò anche schemi o processi che presentano l'emergere del dinamismo e dell'autoconservazione sopracitati, benché distinti da organismi biologici, possono essere considerati in vita.

Turing si pose per primo la domanda «*can machines think?*» (Turing, 1950, 433). La domanda partiva proprio dal presupposto che l'apparato neuro-cognitivo di un umano è diverso da un calcolatore. Egli non solo poneva la domanda da un punto di vista intellettuale, ma illustrava come le obiezioni dell'intelletto umano rendessero appunto quest'ultimo il luogo meno appropriato e adatto per rispondere in definitiva alla domanda se le macchine possano pensare o meno (Turing, 1950, 443-54). Coerentemente con la domanda di Turing e tenendo conto dei limiti interpretativi dalla lettura antropocentrica sarà possibile formulare l'ipotesi che, per quanto flessibile, per l'intelletto umano sarà sempre difficile definire cosa sia la vita (Boden, 2001, 14). Si tratta in sostanza di un campo di incertezza che ci consente comunque di porre la domanda, scimmiettando Turing, «*do agents actually live?*»

Data la sua complessità, oltre che il suo polimorfismo interpretativo, in geografia è rilevante quantomeno enunciare la definizione di spazio che viene adottata in queste pagine. Forse nessuno meglio di David Harvey ha saputo spiegare in modo chiaro e diretto la complessità intrinseca di tale definizione. David Harvey ci ricorda infatti che «*space likewise gets treated as a factor of nature [...] through the assignment of common-sense everyday meanings. In some ways more complex than time – it has direction, area, shape, pattern and volume as key attributes, as well as distance – we typically treat of it as an objective attribute of things which can be measured and thus pinned down. We do recognize, of course, that our subjective experience can take us into realms of perception, imagination, fiction and fantasy, which produce mental spaces and maps as so many mirages of the supposedly 'real' thing. We also discover that different societies [...] possess different conceptions* (Harvey, 1990, 203).

A nostro parere la definizione che si adatta meglio allo spazio dei *multi-agent systems* è quello di Henri Lefebvre. Per lui lo spazio infatti può essere concepito come una funzione ambivalente delle interazioni sociali fra agenti (Gregory, 1994, 382-384). Ma questa sintesi è incompleta e deve essere chiarita dalle parole dallo stesso Lefebvre che precisa come «*Space is never produced in the sense that a kilogram of sugar or a yard of cloth is produced. Nor is it an aggregate of the places or locations of such products as sugar, wheat or cloth. Does it then come into being after the fashion of a superstructure? Again, no. It would be more accurate to say that it is at once a precondition and a result of social superstructures. The state and each of its constituent institution call for spaces – but spaces which they can then organize according to their specific requirements; so there is no sense in which space can be treated solely as an a priori condition of these institutions and the state which presides over them*» (Lefebvre 1991, 85). Lo spazio, in definitiva, appare come un meccanismo relazionale ambivalente per il quale è impossibile separare la sua condizione di prodotto da quella di requisito per la produzione: «*Is space a social relationship? Certainly – but one which is inherent to property relationships (especially the ownership of the earth, of land) and also closely bound up with the forces of production (which impose a form on that earth or land); here we see the polyvalence of social space, its 'reality' at once formal and material. Though a product to be used, to be consumed, it is also a means of production; networks of exchange and flows of raw materials and energy fashion space and are determined by it. Thus this means of production, produced as such, cannot be separated either from the productive forces, including technology and knowledge, or from the social division of labour which shapes it, or from the state and the superstructures of society.*» (Lefebvre 1991, 85). È importante sottolineare che tale posizione è stata ripercorsa e reinterpretata in modo fedele da più geografi nel corso del tempo. Da Livingstone (1992, 333), ma anche da Massey che chiarisce come «*[...] we recognise space as the product of interrelations; as constituted through interactions, from the immensity of the global to the intimately tiny. [...] Second, that we understand space as the sphere of the possibility of the existence of multiplicity in the sense of contemporaneous plurality; as the sphere in which distinct trajectories coexist; as the sphere therefore of coexisting heterogeneity. Without space, no multiplicity; without multiplicity, no space. If space is indeed the product of interrelations,*

*then it must be predicated upon the existence of plurality. Multiplicity and space as co-constitutive. Third, that we recognize space as always under construction. Precisely because space on this reading is a product of relations-between, relations which are necessarily embedded material! practices which have to be carried out, it is always in the process of being made. It is never finished; never closed. Perhaps we could imagine space as a simultaneity of stories-so-far» (Massey, 2005, 9).*

### «Weak» e «strong claim»

Elliot Sober è stato il primo a codificare la contrapposizione tra *weak claim*, ovvero i computer possono essere usati per simulare a livello artificiale forme di vita, e *strong claim*, dove invece i processi all'interno del computer rappresentano già forme di vita o di intelligenza artificiale complete (Sober, 1991, 225–27). In questo senso la vita potrebbe essere intesa come una funzione non esclusiva degli organismi formati da materia organica o cellule (Goodwin, 1998, 44–45). Analogamente all'idea di pensiero o intelligenza artificiale di Turing è possibile considerare come vivi anche i processi all'interno della dimensione digitale del calcolatore che dimostrano lo stesso *pattern* di dinamismo e autoconservazione? In questo senso Ackley sposa la *strong claim* di Sober (Ackley 2000; Cleland and Chyba, 2002, 388). Sober e Ackley faranno riferimento, ad esempio, ai virus informatici e alla loro capacità di sopravvivere e di interagire all'interno di un ecosistema globale come dimostrazione della *strong claim* (Spafford, 1994, 249–51). Sulla base di questo si può giungere alla conclusione che sia possibile costruire all'interno di un ambiente digitale forme sintetiche e AL, nella misura in cui il sistema sia in grado di offrire le condizioni per la generazione e il mantenimento autonomo dei *pattern* dinamici descritti sopra e i relativi meccanismi e processi di autoconservazione (Spafford, 1994, 258).

Questo testo cerca di evidenziare, partendo da un'interpretazione geografico-epistemologica, come, nel processo di definizione della vita artificiale, sia indispensabile la modellazione o costruzione previa (nel senso di *condicio sine qua non*) di una funzione che genera lo spazio e dunque l'ambiente all'interno del quale si manifesta la continuità dei *pattern* che conosciamo appunto come vita (An *et alii*, 2005; Tang and Bennett, 2010, 1129–30). Perciò, all'interno della logica della *strong claim*, se è possibile parlare di AL, è possibile parlare dunque di geografia artificiale, o *artificial geography* o, più semplicemente, AG. Peraltro il concetto di *artificial geography* non è nuovo ed è già stato introdotto proprio nel campo degli ABM applicati in campo geografico (Daude, 2010). Uno degli aspetti meno evidenziati nel campo della AL, dei sistemi multi-agenti o degli *agent based models* (ABM) è la funzione attiva esercitata dallo spazio (Heppenstall *et alii*, 2016). Coerentemente con il pensiero di Lefebvre (1991) e di Massey (2005) esposti in precedenza, lo spazio viene qui inteso come contesto passivo all'interno del quale prendono forma le dinamiche degli agenti. Coerentemente con lo spazio reale quello artificiale è invece un processo attivo, risultato dell'interazione degli agenti (Epstein, 2012). Una volta costruito dall'interazione fra entità viventi lo spazio si comporta in modo attivo e diventa a tutti gli effetti un protagonista dei processi delle dinamiche (Stanilov, 2012).

### Simulazione contro creazione

È evidente che la rapida evoluzione della tecnologia informatica ha portato a nuovi e improvvisi scenari di applicabilità non prevedibili solo qualche decennio fa. Dal processore 4004 dell'Intel fino alle ultime generazioni di processori è stata osservata la cosiddetta legge di Moore che registra il raddoppio della potenza di calcolo dei processori ogni due anni (Schaller, 1997). Nessun altro settore tecnologico o scientifico ha nell'intera storia dell'umanità registrato un progresso esponenziale così elevato (Venkataraman and Dew, 2017). Si tratta di una crescita che improvvisamente ha consentito di immaginare e compiere operazioni impensabili solo qualche decennio fa. È in questo contesto che, a partire dagli anni ottanta, inizierà progressivamente ad affermarsi e a intensificarsi l'utilizzo dei sistemi multi-agenti (Parry and Bithell, 2012, 271). È evidente che esiste una correlazione forte tra incremento della potenza di calcolo e complessità dei modelli che si vanno a creare (Bedau, 2007, 601). Come

verrà illustrato di seguito, però, da un punto di vista scientifico tale complessità non è necessariamente una tendenza positiva. In altri termini la domanda che si cerca di evidenziare è se modelli per agenti più complessi e stratificati abbiano maggiore potere esplicativo di quelli elementari e semplici.

All'interno della logica della *strong claim* i sistemi multi-agente rappresentano uno degli strumenti più diffusi utili a creare AL. In quest'ottica è indispensabile sostituire il termine simulazione con quello di creazione (Moreno, 2002, 404). Ammesso, secondo la logica della *strong claim*, che la continuità dinamica dei *pattern* all'interno del calcolatore siano di fatto forme di vita, è evidente che tali forme rappresentano conseguenza della creazione di qualcosa di nuovo e non tanto un processo di simulazione di qualcosa appartenente al mondo fisico (Bedau, 2007, 595; Crooks and Heppenstall, 2012, 89). Eventualmente, nel processo di creazione, si possono copiare o scimmiettare caratteristiche delle forme di vita del mondo reale. Possono perfino essere forme di vita ispirate da una certa specie reale; ma comunque, nella logica della *strong claim*, fanno riferimento a qualcosa di inedito e originale (Nehaniv *et alii*, 2006, 89).

Vi sono molti motivi o necessità che possono condurre alla creazione di forme di vita artificiale. I principali sono comunque riassumibili in: a) scopo ludico nel processo di formulazione di una strategia di gioco (Clifford, 2008, 681; Iltanen, 2012); b) confutazione di un modello complesso che verrà costruito a livello fisico (Manson *et alii*, 2012, 128); c) costruire elementi utili alla comprensione di una dinamica appartenente a un sistema caotico (Heath and Hill, 2010, 37–39); d) testare la validità di una data teoria o ipotesi (Sober, 1991, 226). Nella realtà queste quattro motivazioni possono, sotto diverse condizioni, sovrapporsi e possono essere considerate, da alcuni punti di vista, equivalenti. L'unica differenza concreta in questa classificazione è solo la motivazione apparente che determina la scelta di procedere alla creazione di AL all'interno della memoria di un calcolatore.

I sistemi multi-agente hanno il vantaggio di mettere in evidenza le caratteristiche emergenti delle interazioni complessive di un dato sistema (An *et alii*, 2005, 54–55). L'analisi verso il singolo esemplare presenta invece limiti nello spiegare meccanismi e funzionamenti del sistema. All'interno di questa logica i sistemi multi-agente appaiono dunque come un approccio metodologico che consente di evidenziare come le proprietà appartenenti al tutto siano sostanzialmente diverse dalle caratteristiche che si ricavano dalla somma delle parti che compongono il sistema (Von Bertalanffy, 1968, 31–35). In definitiva i sistemi multi-agente consentono di evidenziare e osservare il risultato complessivo di tutte le forme di partecipazione; e cioè anche di registrare l'interazione cumulativa di tutte le forze che anche a scala piccola o piccolissima sono compiute dai singoli agenti dentro al modello (Mason *et alii*, 2012, 125–30).

I componenti atomici (o cellulari) di un sistema multi-agente sono gli agenti: sostanzialmente un frammento *software* che definisce il codice di comportamento che esso, in modo indipendente e autonomo, adotterà (Tang and Bennett, 2010, 1129). L'agente ha la caratteristica distintiva di gestire autonomamente necessità e decisioni individuali in modo da poter soddisfare le proprie qualità fisiologiche e comportamentali (Tsekeris and Vogiatzoglou, 2011, 92). In questo senso è proprio la nozione di autonomia che conferisce all'agente la capacità di manifestare, all'interno di una dimensione virtuale, delle condizioni di autoconservazione di una dinamica specifica (Spafford, 1994). Affermare che l'agente sia una simulazione della vita è sbagliato proprio perché per simulazione si intende, a livello epistemologico, una imitazione o copia. In definitiva l'agente opera sempre per conto proprio e non per il suo programmatore o tanto meno per specie biologiche reali che lo hanno ispirato (Rand *et alii*, 2005, 29). Anche se il concetto di simulazione fa riferimento alla replica, in realtà una strategia metodologica intesa come copia è impossibile oltre che inutile. Bedau afferma come: «*But this charge of category mistake can be blunted. Artificial life systems are typically not simulations or models of any familiar living system but new digital worlds. Conway's Game of Life, for example, is*

*not a simulation or model of any real biochemical system but a digital universe that exhibits spontaneous macroscopic self-organization [...]»* (Bedau, 2007, 607).

L'impossibilità di replicare la realtà è dovuta anche al fatto che il funzionamento e la dinamica di una entità vivente è "condizionata da" e condiziona una serie infinita di sistemi. In definitiva per simulare rigorosamente un organismo vivente sarebbe indispensabile copiare l'interno universo (An *et alii*, 2005, 58). La simulazione è anche inutile perché un modello che replica un numero elevato di sistemi collegati avrà come ripercussione il bisogno di un numero crescente di simulazione di sotto e meta sistemi. Come osservato da An *et alii*: «*On the contrary, in many situations, [...] it is unnecessary or sometimes impossible to account for every detail of the agents under consideration»* (An *et alii*, 2005, 76) Dunque replicare integralmente anche una piccola forma di vita rappresenta una strategia poco convincente. Lo sapeva bene Borges quando ci raccontava dell'inutilità delle mappe perfette: «In quell'impero, l'Arte della Cartografia raggiunse una tale Perfezione che la mappa di una sola provincia occupava tutta una Città e la mappa dell'Impero tutta una Provincia» (Borges 1984, p. 1253). L'inutilità di una mappa in scala 1:1 dovrebbe essere sufficiente per confutare la *simulation hypothesis* di Nick Bostrom (Bostrom, 2003). Da un punto di vista pratico l'unica utilità di percorsi di simulazione articolati sarebbe in definitiva lo scopo ludico *a)* precedentemente menzionato. Nel caso *d)*, ovvero l'uso degli ABM nel testare la validità di una teoria storica (Bostrom, 2003, 247), la presunta replica puntuale e fedele di organismi "reali" risulterebbe presumibilmente tanto inutile quanto sfavorevole. Nel contesto di un modello multi-agente l'oggetto è la teoria e non l'organismo. La validità delle teorie potrà essere misurata sia attraverso l'osservazione delle dinamiche di una specie reale, sia attraverso la creazione e successiva osservazione di una distinta specie artificiale. Nelle prossime pagine verrà affrontato questo problema cercando appunto di costruire forme di vita essenziali, caratterizzate da dinamiche elementari. Come verrà discusso di seguito, per quanto semplificate, le modalità di interazione, ma soprattutto di cooperazione, finiscono per dare origine a dinamiche complesse di interazione (Michod *et alii*, 2003, 96).

Attraverso la programmazione vengono definite le caratteristiche fisiologiche, gli attributi, le necessità e le capacità dell'agente. La programmazione diventa perciò il meccanismo di creazione di una nuova specie. Il codice diventa di fatto il DNA della specie digitale (Spafford, 1994, 265; Sober, 1991, 234). Dalla scala dell'agente l'esigenza più importante è quella del mantenimento delle condizioni che regolano lo schema dinamico di auto-conservazione. In questo vi è una similitudine forte con le specie reali, dove i meccanismi di auto-conservazione sono prevalentemente istintivi e non razionali. In questo senso il DNA non solo codifica la composizione chimica di un organismo, ma anche il modo nel quale l'organismo interagisce a livello spaziale. Se si accetta dunque che lo spazio è frutto dell'interazione fra entità (Giełda-Pinas *et alii*, 2015, 38), si può concludere che buona parte dello spazio sia già di fatto racchiuso nel codice genetico (Benenson and Torrens, 2005, 389–90). Il resto dello spazio in divenire è strutturato nelle forme dell'interazione dei diversi geni che compongono l'ecosistema (Clifford, 2008, 676).

Le condizioni alla base del *pattern* di autoconservazione vengono generate dalla condivisione del contesto di interazione con l'ambiente e con gli altri agenti. In questo senso la "vita" va interpretata dunque come una delle manifestazioni partecipative del tutto e non come l'emergere di un processo interno a ogni singolo esemplare (Parker *et alii*, 2012, 530–34). Tale partecipazione collettiva genera dunque uno spazio artificiale che diventa ugualmente rilevante non solo nella genesi, ma nel corso di vita degli agenti (Hargrove and Westervelt, 2012, 220; Heppenstall *et alii*, 2016, 3–4). Nella misura in cui le caratteristiche di questa funzione collettiva – che usiamo definire appunto spazio – possiedono attributi assimilabili a quelli del terreno, territorio o ambiente terrestre, potrà essere fatto un riferimento a una geografia artificiale (Wilson, 2002; Tsekeris and Vogiatzoglou, 2011, 92).

Ogni agente opera all'interno e interagisce con un ambiente (Moreno, 2002, 401). Nell'ambito di un ABM di norma l'gente riceve complessivamente una serie di input dall'ambiente (Sober, 1991, 233). Possono essere informazioni raccolte al suolo, dati o sostanze provenienti da altri agenti (Birkin and Wu, 2012, 51–52). A sua volta l'agente genera un output destinato all'ambiente. In questo senso l'ambiente può raggiungere un elevato livello di complessità. Come regola generale si potrà concludere che esiste un grado di correlazione direttamente proporzionale tra complessità fisiologica degli organismi creati e complessità dello spazio costruito dall'interazione degli stessi (Heppenstall *et alii*, 2016, 52). Sempre sulla base di quanto affermato in precedenza si potrebbe affermare che i sistemi multi-agente possono essere adoperati per dimostrare la validità di teorie o ipotesi spaziali o a livello terrestre. In questo senso una geografia artificiale sarebbe utile appunto alla confutazione o dimostrazione di tesi o teorie che riguardano il pianeta.

La potenzialità metodologica dei sistemi multi agente è quella di consentire l'esecuzione di sequenze di esperimenti o prove per raggiungere, attraverso l'osservazione dei processi dominanti, la comprensione di un dato fenomeno. Come già suggerito sopra in questo contesto la modellazione attraverso agenti è un processo che prevede la creazione di una specie *ex-novo* (Nehaniv *et alii*, 2006). L'utilità di creare mondi semplificati è proprio quella di rappresentare una sorta di provetta ideale sulla quale sperimentare teorie o meccanismi ipotizzati a livello speculativo e deduttivo (Clifford, 2008, 683–84). Anche se a livello empirico le validazioni sono quasi sempre condotte in ambienti reali, la microbiologia – ad esempio – studia batteri, parassiti e funghi coltivandoli in laboratorio dentro provette e non in un bosco o in una foresta. In altre parole, per comprendere alcune dinamiche o fasi specifiche di alcuni processi e poi tradurle in paradigmi è necessario ridurre al minimo il numero di variabili sotto osservazione. Analogamente il potenziale dei multi-agente sta proprio nella struttura semplificata dei modelli (Li *et alii*, 2011, 1036). È perciò la possibilità *in vitro* quella che dà forma all'opportunità di conoscenza e alla capacità di confutazione dei modelli basati sia su specie che su ambienti reali (Sober, 1991, 234). I modelli multi-agente divengono dunque strumenti ideali per studiare e analizzare il comportamento dei gruppi partendo precisamente dalle ipotesi da verificare. L'aspetto di maggiore rilevanza dei modelli multi-agenti è quello di permettere di dare forma a un contesto induttivo e sperimentale in grado di costruire migliori ipotesi sui processi studiati. In definitiva, il loro scopo non è quello di costruire un modello nel senso classico del termine (da validare o confutare) quanto piuttosto di favorire, attraverso i meccanismi di replicazione e simulacro, alcune forme di riflessione.

### Agenti egoisti

Il caso di studio presentato nelle prossime pagine ha cercato di fornire alcune osservazioni relative al comportamento di forme di AL all'interno di un contesto spaziale utile al dibattito sul gene egoista (Dawkins, 1976). Quest'ultima è, senza alcun dubbio, una delle teorie più controverse del nostro tempo (Sterelny, 1999; Elsdon–Baker, 2009; Emery, 1990; Sterelny, 2001). Uno dei problemi principali delle teorie evolutive è che i meccanismi materiali alla base dei processi di selezione non lasciano tracce fossili, chimiche o di altro tipo (Wilkins, 2002, 35–64). Le specie viventi, così come quelle fossili, sono in definitiva il risultato di meccanismi o processi di interazione. Di essi i fossili raccontano la storia delle conseguenze. In questo senso l'evoluzione, intesa come processo, può essere solo ipotizzata: sulla base delle osservazioni del registro fossile può essere congetturato e dunque dedotto un dato meccanismo (Barricelli, 1962, 70). In altri termini il registro fossile rappresenta un'evidenza dei risultati, ma non dei meccanismi e delle cause dell'evoluzione. Si tratta di una condizione che viene illustrata dalle parole dello stesso Dawkins: «*The account of the origin of life that I shall give is necessarily speculative; by definition, nobody was around to see what happened.*» (Dawkins, 1976, 14). E, anche se qualcuno fosse stato incaricato di seguire con attenzione l'episodio,

visti i tempi geologici in gioco e soprattutto il lento e indefinito ritmo dei cambiamenti, non avrebbe avuto percezione di nulla e dopo poco si sarebbe annoiato.

Tale principio resta valido per la verifica non solo di teorie evolutive a livello biologico ma sostanzialmente anche per la comprensione di qualsiasi processo o fenomeno storico del quale si cerchi di comprendere o dimostrare le cause (Packer *et alii*, 2009; Nehaniv *et alii*, 2006, 59). A tale scopo occorre confermare l'ipotesi se sia possibile o meno replicare alcuni dei principi essenziali della biologia (Nehaniv *et alii*, 2006, 58; Dawid and Judd, 2006, 1243–44). Con lo studio qui presentato si è cercato, utilizzando lo schema generale enunciato dalla teoria relativa ad esso, di verificare in che misura l'attribuzione di un gene egoista potesse condurre o meno all'affermazione spaziale di una data specie rispetto a un'altra non dotata del medesimo gene. Si tratta in definitiva di un approccio non originale utilizzato già da altri autori come Michod e Roze (Michod *et alii*, 2003, 96). Il principio alla base della teoria del gene egoista è «*that we, and all other animals, are machines created by our genes*». L'argomento di Dawkins è che «*a predominant quality to be expected in a successful gene is ruthless selfishness*» (Dawkins, 1976, 2), creando appunto un'antitesi tra egoismo e mutualismo. La sua conclusione sarà che i geni egoisti sono, da un punto di vista storico, dominanti perché egli conclude come l'opportunismo del gene egoista sia stato un maggiore successo e dunque la loro conseguente affermazione selettiva (Dawkins, 1976, 2–16). In conclusione, indipendentemente dagli organismi o dai gruppi o società di organismi, egli sintetizza l'interesse del gene egoista nel comportamento di massimo livello di replicazione.

La domanda alla quale si è cercato di fornire evidenze utili è se la manifestazione di un comportamento di appropriazione egoista delle risorse (in altre parole interessato esclusivamente alla soddisfazione delle proprie necessità) possa rappresentare un percorso praticabile o compatibile con la realtà geografica. Ovvero, da un punto di vista spaziale o territoriale, è possibile concepire l'opportunismo come un meccanismo efficace ai fini della sopravvivenza della specie stessa? I risultati presentati nei prossimi paragrafi non sono definitivi; ma lo schema di evidenze messe in luce dal sistema multi-agente realizzato ci consente di evidenziare come, all'interno di questo spazio sintetico, la collaborazione e il mutuo appoggio rappresentino uno dei fattori chiave per la sopravvivenza di una specie.

## Metodologia

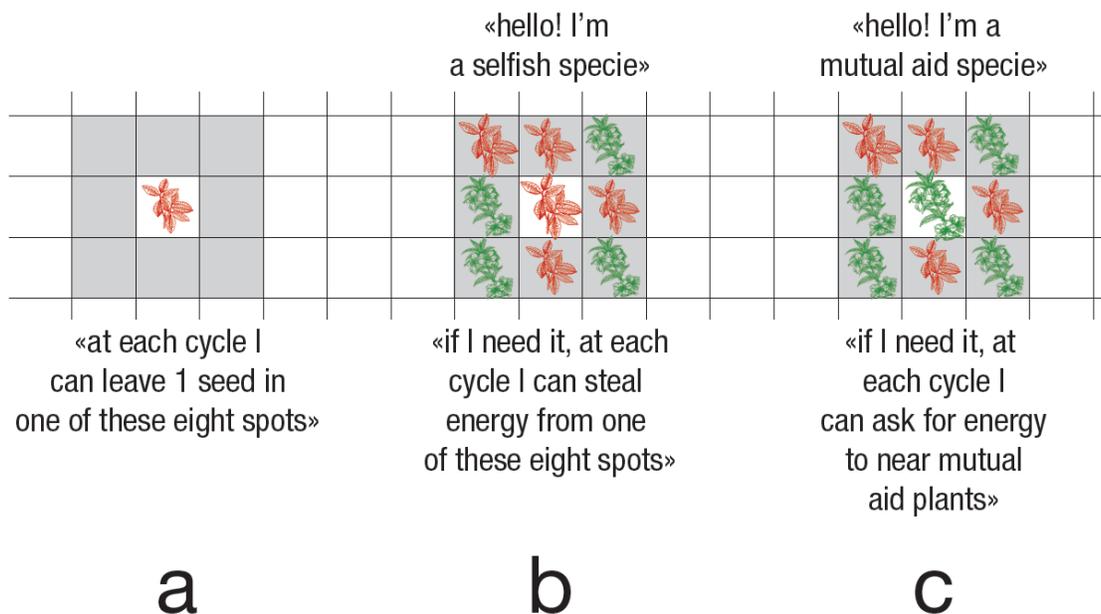
Coerentemente con quanto discusso nei paragrafi precedenti uno degli aspetti più importanti sul quale occorre insistere quando si va a programmare una specie artificiale è la necessità di semplificare il modello (Parker *et alii*, 2012, 527; Batty, 2012, 47–48; An *et alii*, 2005, 66; Bedau, 2007, 596). Quella che il ricercatore sperimenta come la necessità di costruire modelli complessi è una condizione che conduce all'introduzione di un numero troppo elevato di variabili che a sua volta porta a rendere letteralmente difficile la comprensione e analisi dei modelli stessi (Brenner, 2006, 936). Il modello presentato in queste pagine è stato sviluppato all'interno dell'ambiente Netlogo 6.0 che rappresenta una delle piattaforme più evolute per questo particolare tipo di applicazioni (Amblard *et alii*, 2015; Corson and Olivier, 2015; Hargrove and Westervelt, 2012).

Da qui in poi si farà riferimento al modello sviluppato come *selfish gene World* (o sgW). Il processo di costruzione di elementi utili al dibattito sul gene egoista ha previsto un approccio metodologico basato nello sviluppo di un modello elementare di tipo vegetale. La semplicità del modello proposto non è solo a livello *software*, ma anche concettuale. Perciò è stata esclusa la mobilità degli organismi viventi dando forma a un modello basato esclusivamente su forme di vita ispirate al mondo vegetale (Wilensky and Rand, 2015, 159). La semplificazione rappresenta infatti uno dei parametri più importanti nelle scelte di sviluppo dei modelli multi-agente (Sánchez-Maróño *et alii*, 2017, 62–64)

Una delle caratteristiche salienti di sgW è dunque la quantità finita e costante di spazio e di energia a disposizione. Il modello illustrato si presenta essenzialmente come una provetta chiusa all'interno della quale è impossibile immettere o sottrarre energia. Tutte le funzioni e i processi all'interno del modello sono direttamente dipendenti dall'energia. La struttura spaziale è composta da 3600 unità spaziali disposte su una matrice quadrata di  $60 \times 60$  *pixel*. Coerentemente con i modelli canonici di Netlogo il punto centrale del territorio è rappresentato dal *pixel* (0, 0); lo spazio segue uno schema cartesiano dove il vertice superiore destro è rappresentato dalla coordinata (30, 30) e quello inferiore sinistro da quella (-29, -29). Ogni *pixel* può essere occupato da un solo esemplare. Perciò la popolazione massima di sgW sarà equivalente a 3600 esemplari vegetali. Inizialmente ogni *pixel* di terreno dispone di 100 unità caloriche (cals) o di energia. Pertanto il totale di energia all'interno del sistema sarà una costante di 360.000 unità di energia. Coerentemente con il principio della mappa logistica (May, 1976, 88) la disponibilità controllata di energia e spazio determinano a loro volta la definizione di una *carying capacity* che limita la crescita infinita della popolazione (May, 1976, 88).

Il tempo all'interno del modello è misurato in *ticks* o cicli. La vita massima che ogni esemplare vegetale all'interno del modello sgW può raggiungere è di 250 *ticks*. Una volta raggiunta quell'età la pianta muore e libera lo spazio disponibile per la riproduzione. Al momento della sua morte la pianta trasferisce qualsiasi quantità di energia presente al *pixel* che aveva occupato nel corso della sua esistenza.

Ad ogni ciclo ogni organismo ha la possibilità di riprodursi dando vita a un nuovo esemplare della propria specie. Perché ciò avvenga è necessario però che sia individuato uno spazio libero in uno degli otto *pixel* circostanti nel *kernel* di vicinanza di  $3 \times 3$  dal centro del quale esso si trova (vedi fig. 1a). Se a un dato ciclo l'esemplare non trova spazi liberi vicino esso non si riprodurrà. In ogni caso, perché la riproduzione avvenga, è necessario che il *pixel* di destinazione contenga almeno 15 unità di energia (questa condizione acquisterà significato solo in seguito; all'interno di sgW1 l'energia resta sostanzialmente ancorata al proprio luogo di riferimento).



**Figura 1:** Il primo caso sulla sinistra (a) illustra come ogni pianta di sgW possa riprodursi depositando un seme in uno degli otto *pixel* adiacenti; il secondo caso (b) mostra invece come in sgW2 un esemplare P0 possa rubare energia dagli otto *pixel* adiacenti; infine, l'ultimo caso (c) indica come in sgW2 un esemplare P1 possa aiutare altri esemplari P1 adiacenti in difficoltà.

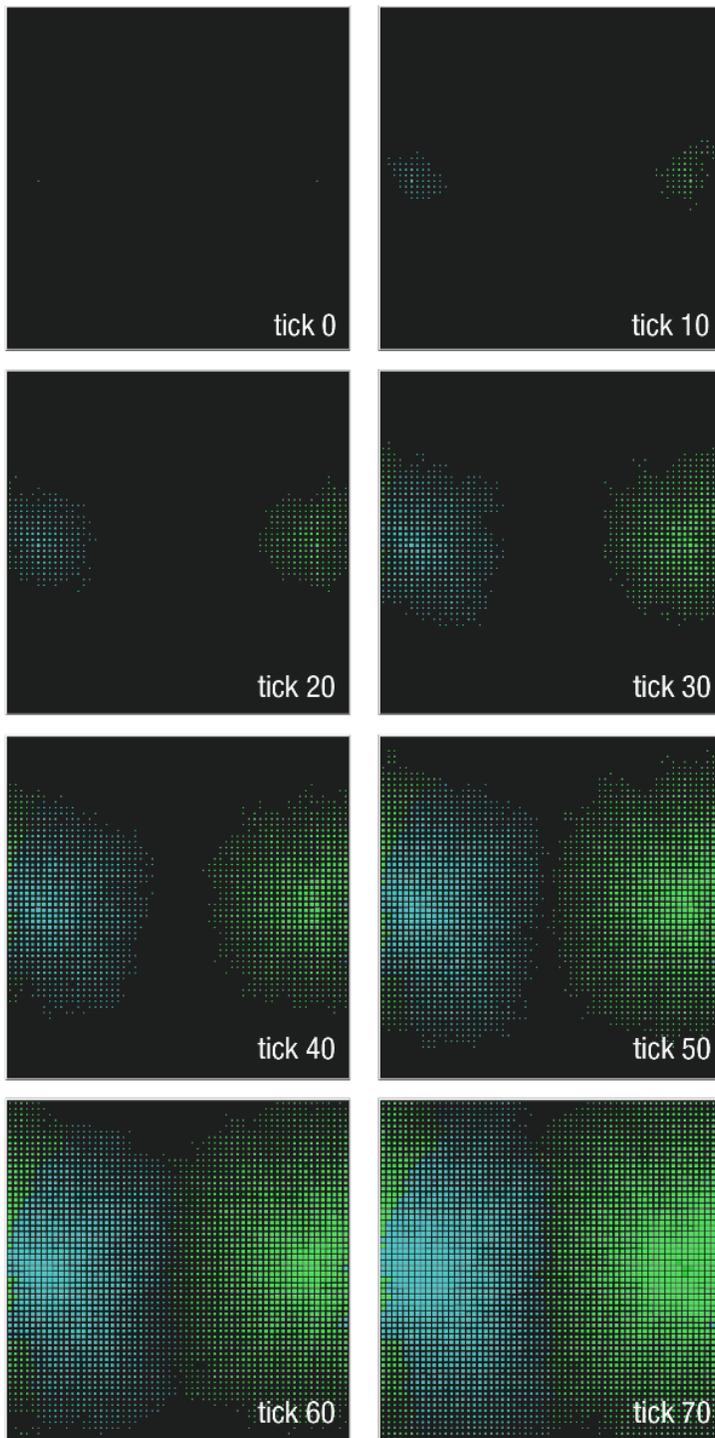
Il modello parte al *tick* 0 con una popolazione di due esemplari appartenenti alle specie vegetali P0 e P1. Nella prima versione del modello (sgW1; Figura 1.b), benché le due specie siano identiche, P0 e P1 sono di fatto due specie distinte, ovvero un esemplare P0 potrà procreare esclusivamente copie P0. La scelta è stata realizzata per garantire il massimo grado di equivalenza o equilibrio fra le due specie. A tutti gli effetti tecnici e teorici sgW1 va considerato come banco di prova o misura dei confronti successivi. Gli esemplari 0 di entrambe le specie sono posti specularmente sull'asse centrale nel *pixel* (15, 0) per P0 e (-15, 0) per P1. In estrema sintesi in sgW1 non è stato previsto alcun meccanismo attraverso il quale una specie potesse dominare l'ecosistema rispetto all'altra. Ogni esemplare di P0 o P1 si nutrirà esclusivamente da energia raccolta direttamente dal *pixel* di appartenenza. A ogni ciclo la pianta ha la capacità di assimilare 1.5 unità di energia dal suolo. Qualora si estingua l'energia nel suolo la pianta smetterà di crescere.

Pur all'interno di questo schema semplificato il comportamento di sgW1 presenta un indice di attività molto elevato che corrisponde perciò a un modello altamente caotico. Il riferimento alla mappa logistica serve solo per evidenziare che l'andamento della popolazione descritto all'interno di sgW1 non può essere lineare e avrà un comportamento fondamentalmente arbitrario, con schemi di imprevedibilità che replicano l'andamento della mappa logistica citata precedentemente.

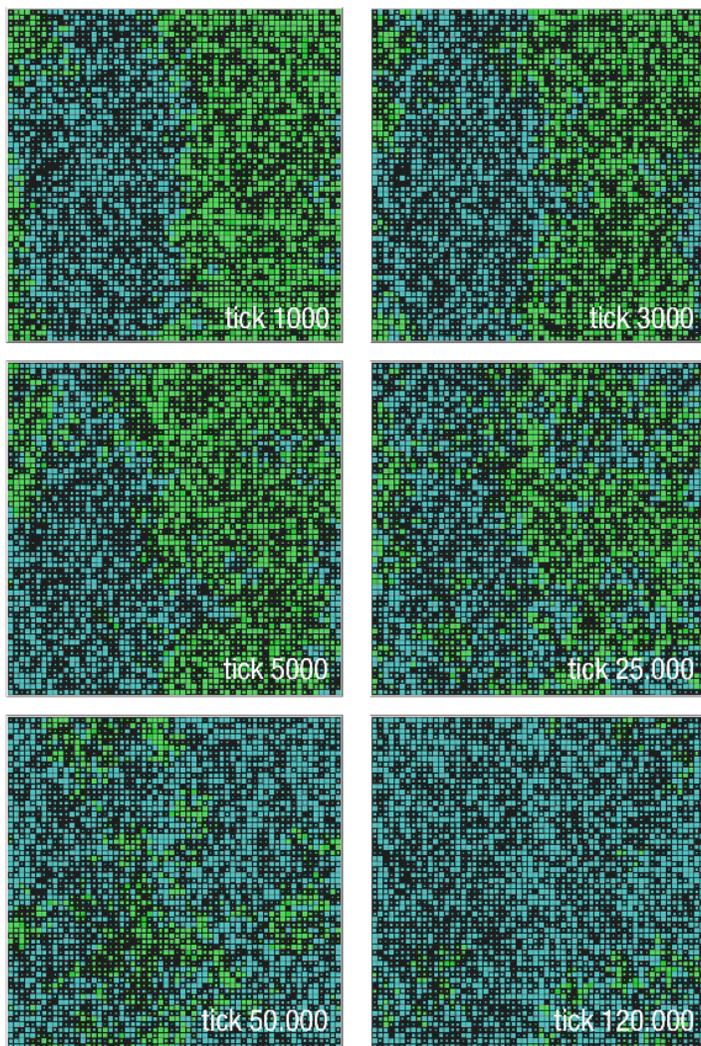
### Risultati di sgW1

Con le condizioni appena descritte il modello sgW1 arriva alla piena occupazione del proprio territorio dopo 81~84 cicli (vedi figura 2). Nelle fasi iniziali il modello presenta un livello di stabilità significativo: in generale, nei primi 50.000~70.000 cicli, si registra l'andamento in parallelo delle due popolazioni. Subito dopo questa fase, il sistema entra in uno stadio compatibile con l'andamento caotico descritto dalla mappa logistica. A fasi alterne una popolazione dominerà sull'altra in modo sempre più marcato. Alla fine di questi cicli ondivaghi una specie finirà per portare all'estinzione l'altra. D'altronde questa condizione è evidente, dato che le due specie sono identiche. Dunque non offrono elementi o condizioni negative per il mantenimento del proprio equilibrio.

Il modello sgW1 è stato ripetuto 60 volte, e si è osservato sempre lo stesso risultato. In media intorno a ~680.000 cicli una specie riesce ad imporsi e a occupare l'intero spazio portando l'altra all'estinzione. Il caso più veloce di occupazione dello spazio è stato di ~196.000 cicli; quello più lungo di ~1.365.000 (fig. 3). Coerentemente con l'ipotesi di partenza P0 e P1 si sono affermate reciprocamente sull'altra nel 50% dei casi. Dunque va chiarito che il modello sgW1 non garantisce in nessuna forma la coabitazione indefinita delle due specie. Una delle due finirà sempre per cedere la totalità dello spazio rispetto all'altra. L'equivalenza fra le due specie è dimostrata invece dal fatto che statisticamente P0 e P1 concluderanno il ciclo di sgW1 dominando lo spazio nel 50% dei casi.



**Figura 2.** Occupazione dello spazio nelle prime fasi del modello sgW. Il modello parte al *tick 0* con una popolazione di due esemplari appartenenti alle specie vegetali P0 e P1. Nella prima versione del modello (sgW1), benché le due specie siano identiche, P0 e P1 sono di fatto due specie distinte. Con le condizioni appena descritte il modello sgW1 arriva alla piena occupazione del proprio territorio dopo 81~84 cicli



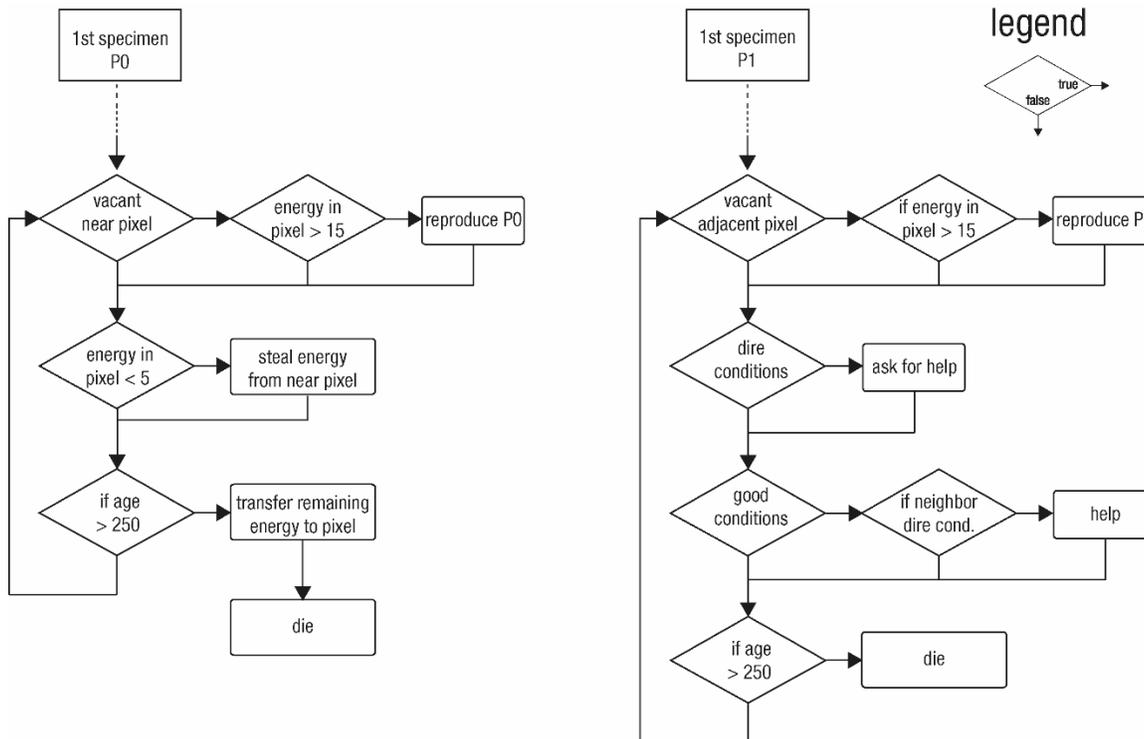
**Figura 3.** Esempio di evoluzione del modello. In sgW1 P0 e P1 convivono, ma lungo il percorso evolutivo una delle due specie finisce irrimediabilmente per occupare l'intero spazio e portare all'estinzione dell'altra.

### sgW2: gene egoista contro gene del mutuo appoggio

Nello sforzo di fornire elementi utili al dibattito sul “gene egoista” sono state introdotte due differenze rilevanti fra specie P0 e P1. In primo luogo si è proceduto ad attribuire alla specie P0 una condotta “egoista” che garantisse – sempre secondo i fondamenti della tesi di Dawkins – delle presunte condizioni di vantaggio. Parallelamente, però, alla specie P1 sarebbe stato attribuito un comportamento di mutuo appoggio o capacità di collaborazione secondo un meccanismo che doveva (almeno nelle nostre intenzioni) riprendere la logica del mutuo aiuto di Kropotkin. Si tratta dunque di due comportamenti contrapposti che porterebbero a dedurre come qualsiasi condizione di equilibrio osservato in sgW1 avrebbe comportato un vantaggio certo per la specie P0 e prevedibilmente portato, nel 100% dei casi, all'affermazione della specie egoista (P0).

Qualora la disponibilità di energia nella propria cella fosse esaurita ogni esemplare di P0 ha adesso in sgW2 la possibilità di reperirla da uno dei *pixel* adiacenti e rubare da essa 5 unità di energia (fig. 1b). L'esemplare di P0 avrebbe potuto dunque “rubare” tale quota di energia da questo *pixel* adiacente anche nel caso questo fosse occupato da un esemplare di P0 o P1 (fig. 1b; fig. 4). Secondo i presupposti illustrati nella tesi del gene egoista tale comportamento avrebbe, da una parte, garantito la

possibilità di continuare a diffondersi spazialmente mentre, dall'altra, avrebbe portato un danno sia a esemplari della propria specie (P0) che a quelli non egoisti (P1).



**Figura 4.** Algoritmo del comportamento di P0 e P1.

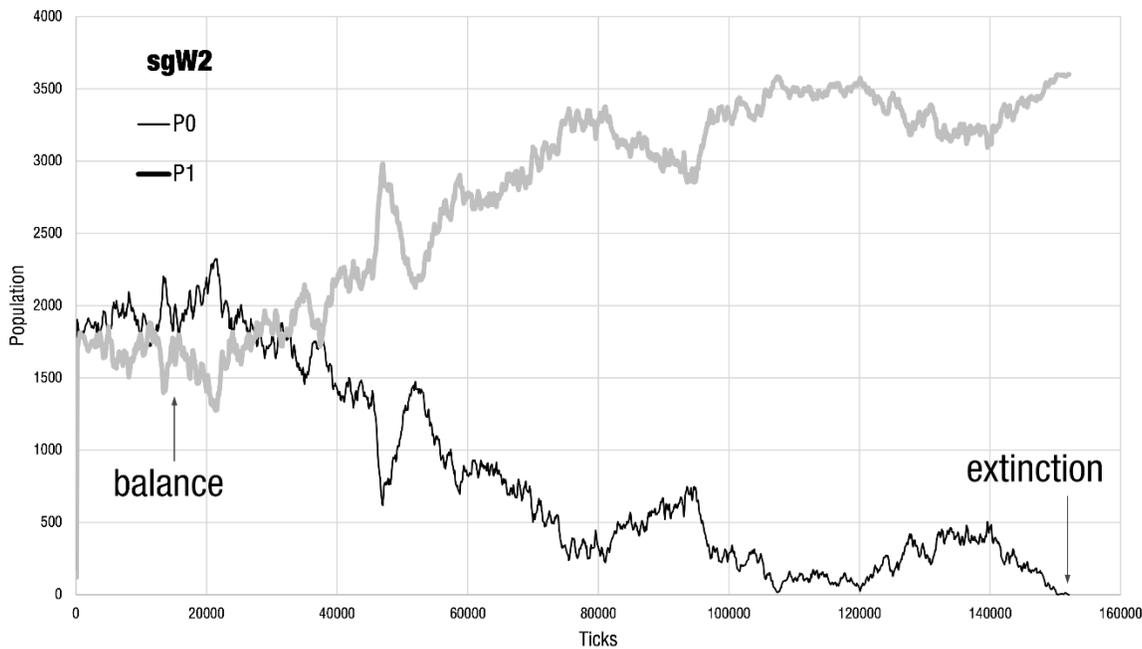
Parallelamente, in sgW2 è stato attribuito a P1 una condotta di mutuo aiuto o capacità di collaborazione. Il comportamento si basa su un meccanismo articolato in due fasi distinte: a) un esemplare P1 in difficoltà ha la capacità di emettere un segnale di aiuto qualora il livello di energia disponibile sia molto basso, ovvero inferiore a 40 unità all'interno del proprio organismo, e anche quando, la quantità di energia nel proprio *pixel* sia sostanzialmente esaurita o inferiore a 5 unità di energia (fig. 1c; fig. 4); b) la collaborazione si verifica quando un esemplare adiacente appartenente alla specie P1 non in difficoltà capta uno dei segnali di aiuto descritti sopra. Ad ogni ciclo l'esemplare caratterizzato dal gene del mutuo aiuto ha la capacità di soccorrere un solo compagno appartenente alla propria specie. Nello specifico gli esemplari della specie P1 assegneranno a quelli P1 in difficoltà una quota di energia equivalente a 2 unità di energia. Gli esemplari P1 non possono aiutare gli esemplari P0 perché gli esemplari P0 non sono in grado di emettere i segnali di aiuto. Si tratta evidentemente di un comportamento che potremmo considerare di soccorso mutuo. Inoltre va ricordato che la specie P1 non sottrarrà in modo opportunistico nessuna unità di energia alle specie P0 o P1. In altre parole il comportamento della specie 1 non sarà mai egoistico verso la specie P0 o P1 (fig. 4).

Il comportamento della specie P1 appare comunque visibilmente sfavorevole rispetto al comportamento della specie P0. Complessivamente la specie P0 potrà sottrarre energia dagli spazi colonizzati dalla specie P1. All'interno di questo meccanismo si sarebbe potuto realisticamente attendere solo un vantaggio predeterminato per la specie egoista.

## Risultati di sgW2

Il modello sgW2 è stato riprodotto 60 volte in modo da raccogliere osservazioni sufficienti a sintetizzare una tendenza generale. I risultati ottenuti hanno offerto un quadro inatteso dato che, nel 98% dei casi, il modello sgW2 ha portato all'estinzione della specie egoista P0. In considerazione di

questi esiti si è proceduto a riprodurre altre 30 volte il modello, in modo da estendere l'insieme complessivo delle osservazioni. In questa verifica il modello ha evidenziato, nel 100% dei casi, l'estinzione di P0.



**Figura 5.** Grafico relativo alla popolazione delle specie P0 e P1 durante un caso di sgW2. Solitamente nelle prime fasi del modello la specie caratterizzata dalla presenza del gene egoista e quella del mutuo aiuto convivono; subito dopo questa prima fase di equilibrio inizia il declino di P0 (specie egoista). Tale fase si conclude sempre con l'estinzione di P0.

Contrariamente a quanto si potrebbe ipotizzare e aspettare l'opportunità o un atteggiamento egoista, almeno in un contesto semplificato come quello di sgW2, gioca un ruolo negativo sulle possibilità di sopravvivenza della specie. Occorre evidenziare come le conclusioni alle quali giungono queste sperimentazioni sono valide unicamente ed esclusivamente per sgW2. Come verrà illustrato in seguito le stesse osservazioni diventano significative all'interno di una riflessione che cerchi di creare una sintesi tra i principi di evoluzione, specie, collaborazione e spazio.

Il primo elemento da evidenziare è che i dati provenienti da sgW2 mostrano come nel 100% dei casi la prima fase di vita del modello sia caratterizzata da un sostanziale equilibrio (P0). In molti casi sempre in questa fase iniziale si registra una lieve affermazione di P0 (vedi fig. 5). L'evoluzione successiva del modello si caratterizza invece per il rimbalzo della popolazione di P1. L'ultima fase è quella della definitiva affermazione di P1 e dell'estinzione di P0 (vedi fig. 5).

Un'interpretazione di questo risultato contro-intuitivo è che, in un dato stadio della storia di sgW02, come oltre una data soglia di occupazione geografica o spaziale, il gene egoista entra sempre in competizione con sé stesso. In sintesi le sorti del modello sono determinate dal comportamento di entrambe le specie. Quello di P0 si caratterizza per creare uno spazio di stress generato dalla progressiva sottrazione di energie dalle celle vicine. A lungo andare questo meccanismo crea, nelle aree dominate dalla popolazione P0 e molti *pixel* aridi o sterili. La capacità di moltiplicarsi si limita per P0 semplicemente perché il comportamento dei suoi geni genera uno spazio sempre più limitato.

A differenza da questo, la specie P1 – dunque priva del gene egoista – è in grado di mantenere in equilibrio soprattutto la distribuzione omogenea dell'energia a livello spaziale. Alla fine P1 si comporta come un unico organismo con la capacità di riequilibrare in modo mutualistico la

distribuzione dell'energia nello spazio. Sarà proprio questa abilità che gli consentirà di erodere e riappropriarsi dei *pixel* depredati dalla popolazione di P0. Perciò va considerato che, da una parte, gli esemplari di P0 non solo saranno obbligati a competere con altre specie, ma anche con sé stessi; la specie P0 si comporterà come un insieme o somma di esemplari individuali mentre P1 come un meta-organismo. Infine P0 si caratterizzerà per la sua capacità di compromettere e rendere sterile (priva di energia) parte dei *pixel* controllati dalla specie. In definitiva il risultato di questa operazione mostra come l'introduzione di un gene egoista porti all'estinzione, nel 100% dei casi, di P0.

### **Conclusioni: verso un altruismo reciproco**

Questo testo ha presentato i tratti generali di alcune idee e percorsi metodologici con il proposito di esplorare l'applicabilità degli ABM nei processi di interpretazione del rapporto tra spazio geografico, sopravvivenza delle specie e vita. Si tratta di uno studio che, quantomeno in parte, ha avvalorato l'utilità di informazioni ricavabili da un'analisi fondata sull'utilizzo di sistemi multi-agente. Una metodologia che consente concretamente di acquisire informazioni e nozioni empiriche efficaci nell'esplorazione e analisi del rapporto tra specie e ambiente. Il caso di studio illustrato nelle pagine precedenti ha messo in luce l'importanza dell'utilizzo di metodologie capaci di verificare in modo pragmatico il funzionamento e la validità delle teorie con le quali la ricerca è portata a confrontarsi.

Nel caso specifico, l'esperienza di costruzione e osservazione di sgW1 e sgW2 ha permesso di mettere in luce la scarsa efficacia in termini spaziali di comportamenti associabili con l'idea propria del "gene egoista"; va rilevato che i comportamenti egoisti instillati nella specie P0 rappresentano comunque una interpretazione del tutto arbitraria di cosa il concetto di "egoista" significhi. In ogni caso la ricerca è partita dal principio che l'aggettivo "egoista" fosse da collegare alla sopravvivenza del gene a discapito dell'ambiente circostante; contrariamente, che il gene del mutuo aiuto presupponesse la vita come un processo caratterizzato dalla partecipazione comunitaria a beneficio reciproco di tutti gli organismi. Come peraltro evidenziato da Kropotkin nel suo testo *The Conquest of Bread* (1907, 232-236), uno dei problemi fondamentali dell'interpretazione socioeconomica dilagante è la "divisione del lavoro". L'isolamento e la separazione sono i meccanismi indotti che introducono la meccanica, oltre che i catalizzatori, per la formazione di classi in grado di operare e ragionare in termini di sfruttamento. Si tratta di processi di speculazione a discapito non solo dell'individuo e della società, ma anche dell'ambiente (Harvey, 2001, 60-62). Forse occorre sottolineare come l'ignoranza dei fondamenti ontologici della realtà ci abbia portato ad essere, e rischia di continuare a renderci, prigionieri di false categorie. Certi termini impongono sistemi di valori e di pensiero che portano all'avveramento delle peggiori profezie. Perciò, alla fine di questo percorso crediamo ancora con più convinzione che il problema linguistico resti un fattore rilevante: se traslati a una dimensione empirica, al pari dei nomi "vita" o "intelligenza", anche un concetto come "egoista" diventa indefinibile e dunque di scarsa utilità all'interno di una data riflessione. A livello empirico quello che si dimostra efficace è invece la possibilità di dimostrare la validità, sostenibilità o plausibilità di un dato paradigma. Mai come oggi lo scienziato trova la possibilità di affrontare certe domande. Ad esempio, l'esperienza illustrata in queste pagine evidenzia l'impossibilità quantomeno con l'ausilio della AL, di dimostrare a livello spaziale il presunto vantaggio intrinseco e scontato di un comportamento egoista (Dawkins, 1976).

Al contrario sgW2 sembra suggerire che la cooperazione e il mutuo aiuto, così come illustrati da Kropotkin, rappresentino strategie valide e vincenti (Kropotkin, 1902). La vita intesa come condizione specifica di un organismo rischia di diventare un'interpretazione limitata della realtà; anche la riproduzione e osservazione di contesti artificiali sembra suggerire come il mutualismo, la cooperazione e il beneficio comune rappresentino a più scale una costante della realtà fisica.

Con questa breve analisi si è cercato anche di produrre delle evidenze utili su un tema che frequentemente cade in secondo piano quando si parla di "vita" ed evoluzione delle specie: lo spazio.

In realtà sgW rappresenta uno spazio caratterizzato da confini rigidi e perciò non riferibile allo spazio di Kropotkin che era sostanzialmente l'intero pianeta. Nello strutturare un dialogo su geni è possibile non solo formulare delle domande utili a verificare – ad esempio – la possibilità concreta che organismi egoisti possano convivere con specie caratterizzate da un comportamento di mutuo aiuto, o perfino, interrogare i modelli artificiali se il comportamento egoista sia compatibile con lo spazio, con le sue forme di occupazione biologiche, nonché con le varie forme di interazione spaziale fra entità biologiche (ad esempio la procreazione, per citarne una). Evidentemente questa è una domanda geografica. Così come le discipline cognitive devono affrontare la questione se sia possibile parlare di intelligenza artificiale e la biologia considerare anche le forme di vita artificiale, ci si potrebbe chiedere dunque se esista una dimensione per una riflessione relativa alla geografia artificiale; e in che modo la vita e l'interazione fra le sue forme costruiscano e determinino il comportamento dello spazio.

Nel farlo è importante ricordare l'insegnamento spesso portato da Kropotkin. «*If we turn our minds to a close observation of nature and to an unprejudiced history of human institutions, we soon discover that Mutual Aid really appears, not only as the most powerful weapon in the struggle for existence against the hostile forces of nature and all other enemies, but also as the chief factor of progressive evolution.*» La collaborazione e la cooperazione fra gruppi sociali rappresenta non tanto una delle varie opzioni a disposizione di una società, quanto piuttosto il percorso naturale per il suo progresso e la sua transizione verso forme più articolate ed evolute. Lynn Margulis ha sempre avuto ben chiaro questo elemento; per lei la vita è una unione simbiotica e cooperativa che attribuisce il successo a coloro in grado di associarsi. L'endosimbiosi, la sua teoria più importante, va di pari passo con la riflessione di Kropotkin. Per lei gli organismi, più che essere il frutto di un processo di selezione determinato dalla competizione fra geni, sono il risultato di un lungo cammino di collaborazione simbiotica (Margulis 1981).

È dunque possibile ricreare nuovi mondi caratterizzati da nuove strutture spaziali in modo da contribuire ad analizzare e comprendere la realtà terrestre? Benché questo sia stato un esercizio semplice che solo in parte affronta i temi collegati all'evoluzione delle specie, con le dovute cautele e senza abbandonarci a improvvisazioni e imprecisioni è necessario ribadire ancora con forza il valore della collaborazione e del mutuo aiuto come caratteristica naturale delle strutture più elementari e perciò anche, presumibilmente, in scale superiore, nei sistemi più complessi.

## References

- Artificial Life II, *SFI Studies in the Sciences of Complexity* 10, pp. 487–509.
- Ackley, Dave. H. 2000. Real artificial life: Where we may be. In, Bedau Mark A., John S. McCaskill, Norman Packard and Steen Rasmussen (eds.), *Artificial Life VII (Proceedings of the Seventh International Conference on Artificial Life)*, Cambridge (MA): The MIT Press, pp. 487–496.
- Ackley Ddavid H. 2013. *NMCS4ALL: Artificial Life (full version), video lecture*. <https://goo.gl/GUeB5Y>.
- Amblard, Frédéric, Eric Daudé, Benoît Gaudou, Arnaud Grignard, Guillaume Hutzler, Christophe Lang, Nicolas Marilleau, Jean Marc Nicod, David Sheeren and Patrick Taillandier. 2015. Introduction to NetLogo. In, Banos Arnaud, Christophe Lang and Nicolas Marilleau (eds.) *Agent-Based Spatial Simulation with NetLogo*, Amsterdam: Elsevier, pp. 75–123.
- An, Li, Marc Linderman, Jianguo Qi, Ashton Shortridge and Jianguo Liu. 2005. Exploring complexity in a human–environment system: An agent–based spatial model for multidisciplinary and multiscale integration. *Annals of the Association of American Geographers* 95(1), pp. 54–79.

- Barricelli, Nils Aall. 1962. Numerical testing of evolution theories – Part I Theoretical introduction and basic tests. *Acta Biotheoretica* 16(1–2), pp. 69–98.
- Batty, Michael. 2012. A generic framework for computational spatial modelling. In, Alison J. Heppenstall, Andrew T. Crooks, Linda M. See and Michael Batty (eds.), *Agent-Based Models of Geographical Systems*. London: Springer, pp. 19–50.
- Bedau, Mark A. 2007. Artificial Life . In, Matthen, Mohan and Christopher Stephens (eds.) *Philosophy of Biology*. Amsterdam: Elsevier, pp. 585–603.
- Benenson, Itzhak and Paul M Torrens. 2005. Geographic Automata Systems: A New Paradigm for Integrating GIS and Geographic Simulation. *International Journal of Geographical Information Science* 19(4), pp. 385–412.
- Von Bertalanffy, Ludwig. 1968. *General System Theory*. New York: Georg Braziller.
- Birkin, Mark and Belinda Wu. 2012. A review of microsimulation and hybrid agent-based approaches. In, Alison J. Heppenstall, Andrew T. Crooks, Linda M. See and Michael Batty (eds.), *Agent-Based Models of Geographical Systems*. London: Springer, pp. 51–68.
- Boden, Maggie. 2001. Life and Cognition. *Society* 357, pp. 267–72.
- Borges, J. Luis, 1984, Del rigore della scieza, In, Borges, J. Luis, *Borges tutte le Opere vol I*. Milano: Mondadori, p. 1253.
- Bostrom, Nick. 2003. Are You Living n a Computer Simulation? *Phylosophycal Quarterly* 53(211), pp. 243–55.
- Brenner, Thomas. 2006. Agent Learning Representation: Advice on Modelling Economic Learning. In, Leigh Tesfatsion and Judd Kenneth (eds.), *Handbook of Computational Economics*. Amsterdam: Elsevier, pp. 895–947.
- Cleland, Carol E. and Christopher F. Chyba. 2002. Defining ‘Life’. *Origins of life and evolution of the biosphere* 32(4), pp. 387–93.
- Clifford, Nicholas J. 2008. Models in geography revisited. *Geoforum* 39(2), pp. 675–86.
- Corson, Nathalie and Damien Olivier. 2015. Dynamical Systems with NetLogo. In Banos Arnaud, Christophe Lang and Nicolas Marilleau (eds.) *Agent-Based Spatial Simulation with NetLogo*, Amsterdam: Elsevier, pp. 183–221.
- Crooks, Andrew T and Alison J. Heppenstall. 2012. Introduction to agent-based modelling. In, Alison J. Heppenstall, Andrew T. Crooks, Linda M. See and Michael Batty (eds.), *Agent-Based Models of Geographical Systems*. London: Springer, pp. 85–105.
- Daude, Eric. 2010. Multi-Agent Systems for Simulation in Geography: Moving Towards an Artificial Geography. In, Yves Guermond (ed.) *The Modeling Process in Geography: From Determinism to Complexity*, Hoboken NJ: Willey, pp. 309–34.
- Dawid, Herbert, Leigh Tesfatsion and Kenneth L. Judd. 2006. Chapter 25 Agent-based Models of Innovation and Technological Change. In, Leigh Tesfatsion and Kenneth L. Judd (eds.), *Handbook of Computational Economics*. Amsterdam: Elsevier, pp. 1235–72.
- Dawkins, Richard. 1976. *The selfish gene*. Oxford: Oxford University Press.
- Elsdon–Baker, Fern. 2009. The Dawkins dogma. *New Scientist*. [https://doi.org/10.1016/S0262–4079\(09\)61894–7](https://doi.org/10.1016/S0262–4079(09)61894–7).
- Emery, Alan. 1990. The Selfish Gene. *Journal of medical genetics* 27(5), p. 342–343.

- Epstein, Joshua M. 2012. Growing Artificial Societies – Social Science from the Bottom Up. *Engineering Geology* 3(1), pp. 81–87.
- Giełda–Pinas, Katarzyna, Piotr Dzieszko, Zbigniew Zwoliński and Arika Ligmann–Zielińska. 2015. Two strategies of agent–based modelling application for management of lakeland landscapes at a regional scale. *Quaestiones Geographicae* 34(3), pp. 33–50.
- Goodwin, James M. 1998. The Meaning of Life – Real and/or Artificial BT. In, L. Kunii Toshiyasu and Annie Luciani (eds.), *Cyberworlds*. Tokyo: Springer Japan, pp. 43–65.
- Gregory, Derek. 1994. *Geographical Imaginations*. Cambridge (MA): Blackwell.
- Haggett, Peter. 1993. *L'arte del geografo*. Bologna: Zanichelli.
- Harvey, David. 2001. *Spaces of Capital*. New York: Routledge.
- Hargrove, William W. and James D. Westervelt. 2012. An implementation of the pathway analysis through habitat (PATH) algorithm using NetLogo. In, James D. Westervelt and Gordon Cohen (eds.) *Ecologist–Developed Spatially Explicit Dynamic Landscape Models*. London: Springer, pp. 211–22.
- Heath, Brian and Raymond Hill. 2010. Some insights into the emergence of agent–based modelling. *Journal of Simulation* 4(3), pp. 163–69.
- Heppenstall, Alison, Nick Malleson and Andrew Crooks. 2016. “Space, the Final Frontier”: How Good are Agent–Based Models at Simulating Individuals and Space in Cities? *Systems* 4(1), pp. 1–9.
- Iltanen, Sanna. 2012. Cellular automata in urban spatial modelling. In, Alison J. Heppenstall, Andrew T. Crooks, Linda M. See and Michael Batty (eds.), *Agent–Based Models of Geographical Systems*. London: Springer, pp. 69–84.
- Kropotkin, Peter. 1902. *Mutual Aid: a Factor of Evolution*. New York: McClure Phillips & co.
- Lefebvre Henri. 1991. *The Production of Space*. Cambridge (MA): Blackwell.
- Li, Xia, Xun Shi, Jinqiang He and Xaioping Liu. 2011. Coupling simulation and optimization to solve planning problems in a fast–developing area. *Annals of the Association of American Geographers* 101(5), pp. 1032–48.
- Manson, Steven M., Shipeng Sun and Dudley Bonsal. 2012. Agent–Based Modeling and Complexity BT. In, Alison J. Heppenstall, Andrew T. Crooks, Linda M. See and Michael Batty (eds.), *Agent–Based Models of Geographical Systems*. London: Springer, pp. 125–39.
- Margolis, Eric and Stephen Laurence. 2007. The ontology of concepts – abstract objects or mental representations? . *Noûs* 41(4), pp. 561–93.
- Margulis, Lynn and Dorion Sagan. 1995. *What is Life*, Berkeley: University of California Press.
- Mason, Steven M., Shiping Sun and Dudley Bonsal. 2012. Agent–based modeling and complexity. In, Alison J. Heppenstall, Andrew T. Crooks, Linda M. See and Michael Batty (eds.), *Agent–Based Models of Geographical Systems*. London: Springer, pp. 125–39.
- Massey, Doreen. 2005. *For Space*. London: Sage.
- May, Robert M. 1976. Simple mathematical models with very complicated dynamics. *Nature* 261(5560), pp. 459–67.
- Michod, Richard E, Aurora M. Nedelcu and Denis Roze. 2003. Cooperation and conflict in the evolution of individuality. *Biosystems* 69(2–3), pp. 95–114.

- Moreno, Alvaro. 2002. Artificial Life and Philosophy. *Leonardo* 35, pp. 401–5.
- Nehaniv, Chrystopher L., Jill Hewitt, Bruce Christianson and Paul Wernick. 2006. What Software Evolution and Biological Evolution don't have in common. In, *Second International IEEE Workshop on Software Evolvability 2006*. Washington: IEEE, pp. 58–65.
- Packer, Heather S., Nicholas Gibbins and Nicholas R. Jennings. 2009. Ontology evolution through agent collaboration. *Brain* 132(3), pp. 820–824.
- Parker, Dawn C., Daniel G. Brown, Tatiana Filatova, Rick Riolo, Derek T. Robinson and Shipeng Sun. 2012. Do land markets matter? A modeling ontology and experimental design to test the effects of land markets for an agent-based model of ex-urban residential land-use change. In, Alison J. Heppenstall, Andrew T. Crooks, Linda M. See and Michael Batty (eds.), *Agent-Based Models of Geographical Systems*. London: Springer, pp. 525–42.
- Parry, Hazel R. and Mike Bithell. 2012. Large scale agent-based modelling: A review and guidelines for model scaling. In, , Alison J. Heppenstall, Andrew T. Crooks, Linda M. See and Michael Batty (eds.), *Agent-Based Models of Geographical Systems*. London: Springer, pp. 271–308.
- Rand, William, Daniel Brown, Rick Riolo and Dereck Robinson. 2005. Toward a graphical ABM toolkit with GIS integration. In, C.M. Macal, D. Sallach and M.J. North (eds.) *Proceedings of the Agent 2005 Conference on Generative Social Processes, Models and Mechanisms*, Chicago: University of Chicago, pp. 27–42.
- Sánchez-Marroño, Noelia, Amparo Alonso-Betanzos, Oscar Fontenla-Romero, J. Gary Polhill and Tony Craig. 2017. Empirically-derived behavioral rules in agent-based models using decision trees learned from questionnaire data. In, Amparo Alonso Betanzos, Noelia Sánchez-Marroño, Oscar Fontenla-Romero, J. Gary Polhill, Tony Craig, Javier Bajo, Juan Manuel Corchado. *Agent-Based Modeling of Sustainable Behaviors*. London: Springer, pp. 53–76.
- Sarkar, Sahotra. 1991. What Is Life? Revisited. *BioScience* 41(9), pp. 631–34.
- Schaller, RR. 1997. Moore's law: past, present and future. *Spectrum – IEEE* 34(6), pp. 52–59.
- Schrodinger, Erwin. 1967. *What is life? The Physical Aspect of the Living Cell*. Cambridge: Cambridge Press.
- Sober, Elliott. 1991. Learning from functionalism: Prospects for strong artificial life. In, Mark A. Bedau, Carol E. Cleland (eds.) *The Nature of Life: Classical and Contemporary Perspectives from Philosophy and Science*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 225–35.
- Spafford, Eugene H. 1994. Computer Viruses as Artificial Life. *Artificial Life* 1(3), pp. 249–65.
- Stanilov, Kiril. 2012. Space in agent-based models. In, Alison J. Heppenstall, Andrew T. Crooks, Linda M. See and Michael Batty (eds.), *Agent-Based Models of Geographical Systems*. London: Springer, pp. 253–69.
- Sterelny, Kim. 1999. Dawkins' Bulldog . *Philosophy and Phenomenological Research* 59(1), pp. 255–62.
- Sterelny, Kim. 2001. *Dawkins vs. Gould: Survival of the Fittest*. London: Icon Books.
- Tang, Wenwu and David A. Bennett. 2010. The explicit representation of context in agent-based models of complex adaptive spatial systems. *Annals of the Association of American Geographers* 100(5), pp. 1128–55.

- Tsekeris, Theodore and Klimis Vogiatzoglou. 2011. Spatial agent-based modeling of household and firm location with endogenous transport costs. *NETNOMICS – Economic Research and Electronic Networking* 12(2), pp. 77–98.
- Turing, Alan. 1950. Turing. Computing machinery and intelligence. *Mind* 59(236), pp. 433–60.
- Venkataraman, S. and Nicholas Dew. 2017. Intel Corporate Venturing. *Darden Business Publishing Cases* 1(1), pp. 1–8.
- Wilensky, Uri and William Rand. 2015. *An Introduction to Agent-Based Modeling: Modeling Natural, Social, and Engineered Complex Systems with NetLogo*. Massachusetts MA: The MIT Press.
- Wilkins Adam S. 2002. *The Evolution of Developmental Pathways*. Sunderland (MA): Sinauer Associates.
- Wilson, Allan G. 2002. Complex Spatial Systems: Challenges for Modellers . *Mathematical and Computer Modelling* 36, pp. 379–87.