

# L'efficienza del caso



**L**o studio dei sistemi complessi è uno dei campi in cui collaborano a stretto contatto ricercatori di diversa provenienza: fisici, biologi, ingegneri, matematici, informatici e, più di recente, anche sociologi ed economisti. I sistemi complessi non hanno una definizione univoca. In generale, si tratta di sistemi formati da numerosi elementi che interagiscono tra loro in modo non lineare, con una struttura gerarchica spesso dotata di invarianza di scala e il cui comportamento quasi sempre mostra una dinamica emer-

gente, che non è possibile spiegare partendo dall'analisi dei componenti elementari. Alcuni esempi di sistemi complessi sono vetri di spin, plasma e sistemi auto-gravitanti, in fisica, DNA, cervello e sistema immunitario, in biologia e fisiologia. Ma anche i sistemi sociali, sia quelli costituiti dagli esseri umani che dagli animali, sono certamente complessi.

Le dinamiche delle folle, per esempio, non sono quasi mai riconducibili alla semplice somma dei comportamenti degli individui che le compongono e spesso al loro interno emergono configurazioni difficilmente prevedibili *a priori*. Analoghe consi-

*di Alessandro Pluchino, Andrea Rapisarda, Cesare Garofalo,  
Salvatore Spagano e Maurizio Caserta*

Il caso è importante anche in democrazia. Se, per esempio, alcuni parlamentari fossero estratti a sorte, l'efficienza del Parlamento aumenterebbe



derazioni si potrebbero fare per formicai, ecosistemi, reti di computer o mercati finanziari. In tutti questi casi è opportuno ricorrere a modelli e strumenti teorici e computazionali che spostino l'attenzione sulle proprietà globali del sistema considerato come un tutto.

Questa realtà non è certo ignota a sociologi ed economisti: Friedrich von Hayek, premio Nobel nel 1974, ha trattato l'economia come un sistema complesso per tutto il corso dei suoi studi. Sulla scorta di un pensiero che risale addirittura ad Adam Smith, filosofo ed economista scozzese del XVIII secolo, von Hayek affermava che i sistemi economici sono realmente efficienti nella misura in

cui emergono spontaneamente dalle interazioni individuali, e che gli esseri umani, che non sono abbastanza intelligenti per progettarli, spesso non lo sono abbastanza nemmeno per emendarli. In altri termini: le dinamiche collettive dei comportamenti economici non sono prevedibili e risulterebbe addirittura pericoloso pretendere di pilotarli perché, anche con le migliori intenzioni, non si può essere certi che si incanalino docilmente nella direzione desiderata.

Questo rischio era stato sottolineato dallo stesso John Maynard Keynes, padre della macroeconomia, il quale a questo proposito parlava di «fallacia di composizione nello studio del sistema eco-

nomico aggregato». Del resto anche la storia del pensiero sociologico è stata sempre attraversata dall'annosa questione del rapporto micro-macro, cioè dal problema della congruenza logica tra le proprietà degli individui e quelle dei sistemi sociali. Tuttavia è evidente che con questi sistemi dobbiamo fare i conti, quindi la rinuncia a comprenderli sarebbe una resa dell'intelligenza umana.

Scienza e tecnologia hanno dotato l'umanità di straordinari strumenti per esplorare l'immensità del cosmo o scandagliare l'infinitamente piccolo, per ipotizzare che cosa ha preceduto l'attuale configurazione dell'universo o scoprire quali forze evolutive hanno plasmato il mondo degli esseri viventi come lo conosciamo. Ma è solo da pochissimo tempo che, grazie a computer e nuove tecniche di simulazione, gli scienziati indagano le dinamiche non lineari del mondo socio-economico in cui viviamo. In retrospettiva, è stato più semplice conquistare la Luna, arginare il corso dei fiumi o sconfiggere malattie mortali, di quanto non lo sia comprendere le dinamiche che governano le società umane o che regolano i meccanismi che fanno impazzire i mercati e producono crisi economiche globali come quella che stiamo vivendo. Questo non toglie che comunque oggi ci siano promettenti linee di ricerca.

## Atomi sociali

L'intensificarsi delle collaborazioni tra studiosi provenienti dalle aree più disparate, dalle scienze fisiche e da quelle umanistiche, permette di confrontare metodologie, tecniche e approcci spesso molto diversi tra loro, e questo confronto comincia a rivelarsi proficuo. In particolare, grazie anche alle sempre più cospicue quantità di dati disponibili per essere analizzate al computer, è sempre più chiaro che, al crescere della dimensione e della complessità dei sistemi socio-economici analizzati, emergano evidenti regolarità che permettono di ipotizzare nuovi plausibili collegamenti di causa ed effetto a livello collettivo.

Come in fisica statistica, in cui l'imprevedibilità delle traiettorie delle singole particelle a livello microscopico non impedisce di definire e calcolare con precisione variabili macroscopiche come temperatura e pressione di un gas, anche in ambito socio-economico, sebbene il comportamento dei singoli resti in linea di principio imprevedibile, i vincoli imposti dalla rete globale di relazioni riducono drasticamente i gradi di libertà individuali all'interno del sistema complessivo (tanto che si parla di «atomi sociali»). Queste restrizioni fanno emergere schemi collettivi relativamente prevedibili, che è possibile studiare in dettaglio per mezzo di simulazioni al computer. Queste ultime, in particolare le «simulazioni ad agenti», sono la soluzione al vero problema delle scienze sociali: l'estrema difficoltà a effettuare esperimenti controllati sul campo.

Nei mondi virtuali elaborati al computer, centinaia o migliaia di agenti eterogenei, i nostri «atomi sociali» appunto, possono interagire agevolmente tra loro secondo regole precise (deterministiche o stocastiche) stabilite in base a ipotesi molto semplici, da cui però emergono dinamiche complesse che spesso riproducono fenomeni sociali noti, più o meno in accordo con i dati reali, e dunque in grado di confermare o eventualmente falsificare la correttezza del-

**Alessandro Pluchino** è fisico teorico, ricercatore e professore aggregato al Dipartimento di fisica e astronomia dell'Università di Catania ed è associato all'Istituto nazionale di fisica nucleare. Si interessa di modelli matematici e computazionali dei sistemi complessi, con applicazioni alla fisica e alle scienze sociali.

**Andrea Rapisarda** è professore associato di fisica teorica e metodi e modelli matematici al Dipartimento di fisica e astronomia dell'Università di Catania ed è associato all'Istituto nazionale di fisica nucleare. Si occupa di sistemi complessi e modelli di fisica statistica con applicazioni anche alle scienze sociali.

**Cesare Garofalo** è docente a contratto di sociologia all'Università di Catania. Si occupa di modelli matematici e simulativi nelle scienze sociali e di metodologia ed epistemologia delle scienze socio-umane.

**Salvatore Spagano** è assegnista di ricerca al Dipartimento di economia e impresa dell'Università di Catania. Si occupa di asimmetrie informative, economia istituzionale e analisi economica delle Costituzioni.

**Maurizio Caserta** è professore ordinario di economia politica all'Università di Catania. Si interessa di sviluppo locale, di economia del tempo libero, di economia della giurisdizione.

le ipotesi di partenza. L'efficacia di questo approccio è dimostrata dal recente sviluppo di grandi progetti di ricerca interdisciplinari nati su queste basi proprio per affrontare le sfide sociali più impellenti del XXI secolo: per esempio, il progetto europeo FuturiCT coordinato dal fisico Dirk Helbing, professore di sociologia computazionale al Politecnico Federale (ETH) di Zurigo.

Questa è la prospettiva in cui si colloca il nostro lavoro, frutto della cooperazione tra fisici, sociologi ed economisti. In particolare, in questo articolo vogliamo mostrare che i processi basati sul caso, che giocano un ruolo fondamentale in tanti problemi fisici, come pure nell'evoluzione naturale, possono rivelarsi molto utili anche in campo socio-economico tramite l'adozione di strategie casuali.

## Il vantaggio sociale del rumore

Nell'ambito della fisica è noto che il «rumore», cioè un qualche tipo di segnale casuale, a volte può essere vantaggioso nella dinamica di molti sistemi, generando fenomeni quali la risonanza stocastica, la stabilizzazione di sistemi instabili o l'aumento della capacità di trasmissione di canali sia classici sia quantistici in reti complesse. Ispirandoci a questi e ad altri esempi, abbiamo esplorato la possibilità che il caso possa giocare un ruolo positivo anche in ambito sociale.

Una prima applicazione è stata pubblicata in uno studio del 2010, in cui tre di noi hanno proposto di usare strategie basate sul caso per circoscrivere gli effetti nefasti del cosiddetto «principio di Peter». Questo principio apparentemente paradossale è stato enunciato dallo psicologo canadese Lawrence J. Peter in un libro degli anni sessanta in base ad alcune sensate ipotesi sulla transmissio-

### IN BREVE

**Gli autori** hanno applicato lo studio dei sistemi complessi all'efficienza di un ipotetico parlamento, definita come il prodotto della percentuale di proposte di legge approvate

moltiplicata per il benessere sociale assicurato da quelle leggi.

**Le simulazioni** ad agenti su cui si è basato lo studio hanno mostrato che l'efficienza di questo parlamento

virtuale raggiunge il massimo con un numero ottimale di parlamentari estratti a sorte e non aderenti ad alcun partito.

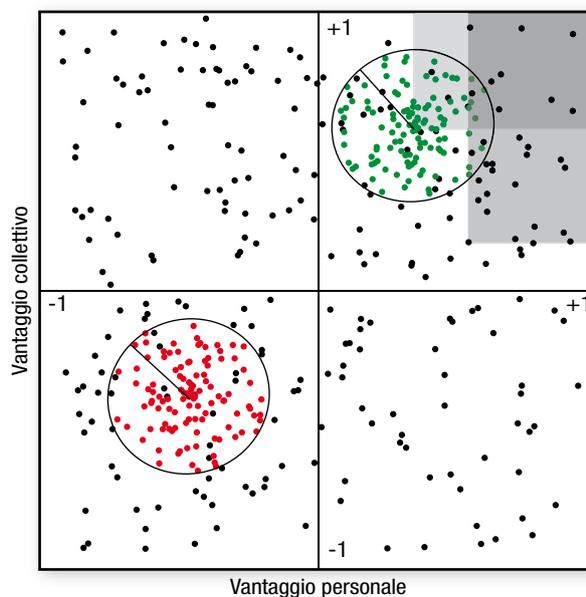
**Il risultato** ha mostrato anche che i

processi basati sul caso, fondamentali in tanti problemi fisici, sono utili anche in campo socio-economico tramite strategie che prevedono scelte casuali.

## Comportamenti diversamente vantaggiosi

Il grafico nell'illustrazione è un'utile descrizione di un parlamento. Riportando in ascissa il vantaggio personale e in ordinata il vantaggio collettivo derivanti dalle azioni di ogni parlamentare, si può classificarne il comportamento medio identificando il parlamentare con un punto. I punti colorati nei due cerchi rappresentano i parlamentari di due partiti o schieramenti, i punti neri fuori dai cerchi rappresentano i parlamentari indipendenti (mostriamo solo una delle tante possibili configurazioni casuali, su cui bisognerà poi mediare per ottenere risultati statisticamente significativi).

Nel nostro modello, ogni parlamentare può proporre una o più leggi, che coincideranno con la propria posizione nel grafico. Per ogni legge voteranno a favore solo i parlamentari indipendenti per i quali la legge ricade nella propria finestra di voto (*grigio*). I parlamentari di un partito voteranno seguendo la disciplina di partito, cioè tutti allo stesso modo secondo la finestra individuata dalla posizione del centro del partito, e comunque voteranno a favore di tutte le leggi proposte dai membri del proprio partito.



ne delle competenze da un livello di un'organizzazione gerarchica al successivo. Il principio afferma che, se si adotta una strategia di promozioni meritocratiche, «in un gruppo gerarchico, ogni membro scalerà la gerarchia fino a raggiungere il suo livello di minima competenza». Secondo Peter, in questo modo l'incompetenza si diffonde inevitabilmente ai vertici di un'organizzazione mettendone a rischio il buon funzionamento. Nel nostro lavoro, studiando il comportamento di una semplice organizzazione piramidale attraverso una simulazione ad agenti, abbiamo dimostrato che il principio di Peter non è affatto infondato: se si adotta una strategia di promozioni meritocratiche, cioè se si promuovono sempre i membri migliori, e se la competenza che un agente promosso mostra al nuovo livello non è collegata con quella che aveva al livello inferiore (in genere a causa di un cambiamento di mansioni), le simulazioni mostrano che tutti gli agenti concludono sempre la loro carriera a un livello in cui la loro competenza è minima, facendo così diminuire drasticamente l'efficienza globale del sistema.

Ma la buona notizia emersa dalle nostre ricerche è che questo effetto nefasto può essere evitato in modo semplice adottando strategie di promozione completamente, o anche solo parzialmente, casuali: invece di promuovere sempre i membri migliori, è più conveniente lasciare che questi continuino a svolgere ottimamente il loro lavoro al proprio livello gerarchico, magari premiandoli con incentivi salariali, e spostare invece, nelle posizioni diventate vacanti al livello superiore, membri scelti a caso. Così si favorisce l'emergere di nuovi talenti e l'efficienza del sistema aumenta. Senza contare che un meccanismo di promozione basato sul sorteggio, oltre che essere di fatto a costo zero, è anche un modo efficace per contrastare raccomandazioni o nepotismi.

Per quanto questo risultato possa sembrare controintuitivo, l'efficacia delle strategie casuali in ambito socio-economico è stata anche provata da recenti studi condotti nell'ambito della teoria dei giochi da Didier Sornette, fisico dell'ETH di Zurigo, che riguardano in particolare i cosiddetti «giochi di minoranza» (*minority games*) e il più noto paradosso di Parrondo. A questi si aggiungono numerosi esperimenti, inaugurati qualche anno fa dallo psicologo

britannico Richard Wiseman, che mostrano come la scelta casuale degli investimenti in borsa possa essere, in condizioni di turbolenza dei mercati, molto più efficace dei modelli previsionali degli analisti finanziari.

Una volta scoperto che l'introduzione di variabili casuali sembrava migliorare l'efficienza di strutture gerarchiche come le aziende, ci siamo domandati se qualcosa del genere non potesse avvenire anche in organizzazioni di altra natura, magari di maggiore impatto collettivo sul benessere pubblico, per esempio i parlamenti, tenendo anche conto del fatto che il tema dell'efficienza delle istituzioni parlamentari, come di quella dei sistemi elettorali, è più attuale che mai.

### Rappresentanti per sorteggio

Studiando il problema, ci siamo resi conto che l'idea della selezione casuale del decisore pubblico o degli organi di governo non era affatto nuova, ma che anzi affondava addirittura le radici nella tradizione culturale di chi la democrazia l'ha «inventata»: l'antica Grecia. Ad Atene, i componenti dell'assemblea chiamati a prendere decisioni collettive non erano eletti, ma sorteggiati. La pratica di usare strategie casuali per selezionare la classe politica è sopravvissuta anche in tempi più recenti: per esempio, la troviamo in molti comuni italiani del periodo rinascimentale, come Bologna, Firenze e in particolare Venezia, dove il Doge era scelto seguendo un elaborato protocollo basato sull'alternanza di elezioni e lotterie, proprio per minimizzare l'influenza delle aristocrazie familiari. Tracce del meccanismo della selezione casuale sono presenti anche ai nostri giorni, per esempio nella composizione delle giurie popolari dei processi, nella scelta delle commissioni di esame dei concorsi pubblici, nella scelta degli arbitri nelle competizioni sportive o in una proposta della socialista francese Ségolène Royal, che prevede l'introduzione di un organismo composto da cittadini estratti a sorte, che a scadenze fisse si pronuncino sull'operato di deputati, sindaci e ministri.

Alla luce di tutto questo, poiché è evidente che l'obiettivo è cercare di contrastare le degenerazioni tipiche delle istituzioni rap-

presentative (come già denunciato fin dall'inizio del secolo scorso dal sociologo Robert Michels con la sua «ferrea legge dell'oligarchia» riferita al sistema dei partiti e oggi ancora di estrema attualità) ci sembrava molto probabile che la selezione casuale dei parlamentari potesse essere una risposta adeguata. A questo punto, il problema era determinare con precisione e rigore scientifico se, e in che modo, il meccanismo elettorale e quello di selezione per sorteggio potessero essere combinati per massimizzare il benessere della collettività.

## Simulare un parlamento

Per trovare una soluzione a questo problema, sfruttando ancora una volta le possibilità offerte dalle simulazioni ad agenti, abbiamo ipotizzato un parlamento monocamerale con due soli partiti o, più in generale, con due schieramenti o coalizioni politiche – maggioranza e opposizione – in cui inserire un certo numero di parlamentari estratti a sorte e dunque considerati indipendenti dai partiti stessi. Nel nostro modello, ciascun parlamentare coincide con un punto in un grafico a due dimensioni, che tiene conto sia del suo interesse individuale sia dell'interesse collettivo derivante dalla sua azione legislativa (si veda il box a p. XX). Questo grafico fu ideato diversi anni fa dall'economista Carlo Cipolla nel più ampio contesto della descrizione dei comportamenti umani, in merito ai quali formulò anche le cosiddette «leggi fondamentali della stupidità umana». I parlamentari appartenenti ai due partiti si distinguono per il colore e sono tutti collocati all'interno di due cerchi, uno per ciascun partito, la cui ampiezza è indice della tolleranza dei partiti verso le differenti posizioni di ciascuno dei propri membri. I parlamentari indipendenti, cioè quelli selezionati per sorteggio, sono invece rappresentati come punti neri distribuiti uniformemente nel grafico.

Durante la simulazione di una certa legislatura, ogni parlamentare (agente) del nostro modello può eseguire solo due semplici azioni: avanzare una o più proposte di legge; votare a favore o contro le leggi proposte. Questa ultima azione è legata al fatto che il punto rappresentativo di una data proposta di legge nel diagramma di Cipolla cada o meno in quella che noi chiamiamo «finestra di voto». L'orientamento verso nord-est della figura presa come esempio tradisce il nostro ottimismo: i parlamentari voteranno proposte che si presentino come migliorative – sia sotto il profilo personale che sotto quello collettivo – rispetto alla posizione di minimo da cui partono.

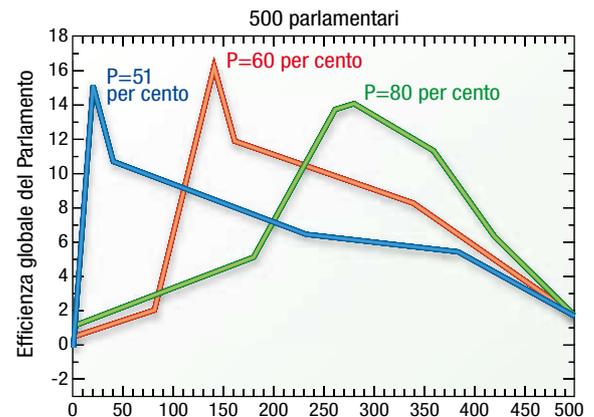
Come nei parlamenti reali, anche nel nostro modello l'appartenenza a un partito aumenta enormemente la probabilità che la proposta di un parlamentare venga approvata, dato che tutti i membri dello stesso schieramento tendono ad approvare, per «disciplina di partito», le proposte avanzate dai colleghi. D'altra parte, se tutti i parlamentari cadono sotto l'influenza di uno dei partiti, è verosimile che il vantaggio collettivo di un insieme di proposte approvate sia più piccolo. Infatti, se prevale la disciplina di partito, saranno approvate anche proposte con uno scarso contributo al benessere sociale. Viceversa, nel caso in cui i deputati votassero solo secondo il proprio giudizio personale, probabilmente le proposte peggiori non ricevessero un largo consenso.

A questo punto ci è sembrato ragionevole definire l'efficienza del parlamento come il risultato del prodotto tra la percentuale di proposte di legge approvate in una legislatura e il benessere sociale medio che da queste leggi deriva. Dalle nostre simulazioni, ripetute numerose volte variando casualmente le posizioni di partiti e legislatori indipendenti nel diagramma di Cipolla, emerge chia-

## Massima efficienza

Nel nostro modello, l'inserimento di un numero di parlamentari indipendenti migliora l'efficienza globale del parlamento definita come il prodotto del numero di leggi approvate per il vantaggio collettivo che ne deriva. Dal grafico qui sotto si vede chiaramente che un parlamento senza parlamentari indipendenti ha un'efficienza vicina allo zero, qualunque sia la percentuale  $p$  del partito di maggioranza (relativamente al partito di minoranza). Questo si verifica perché, pur essendo elevato il numero di leggi approvate, il vantaggio collettivo mediato su tante diverse distribuzioni dei parlamentari e dei partiti nel grafico di Cipolla risulta sempre vicino allo zero e quindi anche il prodotto, che definisce l'efficienza del parlamento, tende a zero.

Anche un parlamento con soli legislatori indipendenti avrebbe un'efficienza prossima a zero, perché l'elevato vantaggio collettivo andrebbe moltiplicato per un numero di leggi approvate che questa volta è molto basso. La cosa interessante è però che, tra questi due casi estremi, c'è sempre un numero ottimale di parlamentari indipendenti che porta a un massimo dell'efficienza, come è mostrato in figura per tre casi con una percentuale  $p$  del partito di maggioranza pari, rispettivamente, a  $p = 51$  per cento,  $p = 60$  per cento e  $p = 80$  per cento, nel caso di un parlamento composto da 500 rappresentanti.



ramente che sia un parlamento senza deputati indipendenti (come quelli attuali) sia un parlamento in cui tutti i deputati siano indipendenti (cioè senza partiti) mostrano un'efficienza molto bassa, praticamente vicina a zero. Nel primo caso perché, come già osservato, la percentuale di leggi approvate è elevata, ma il benessere sociale assicurato è modesto; nel secondo caso, al contrario, perché solo le proposte di legge con un elevatissimo vantaggio collettivo vengono approvate, ma di conseguenza il loro numero è estremamente ridotto. Ci siamo quindi domandati se, tra questi due casi estremi, esistesse una percentuale intermedia di deputati indipendenti che con la loro presenza fossero in grado di massimizzare l'efficienza del parlamento (si veda il box in alto).

Le simulazioni hanno confermato che questo numero ottimale c'è, e siamo anche riusciti a darne una giustificazione teorica. Uno dei principali risultati della nostra ricerca consiste nell'aver ricavato una formula analitica, chiamata «regola aurea dell'efficienza», che si è rivelata in ottimo accordo con le simulazioni. La regola è in grado di prevedere il numero esatto di deputati indipendenti in un parlamento per massimizzarne l'efficienza. Questo numero

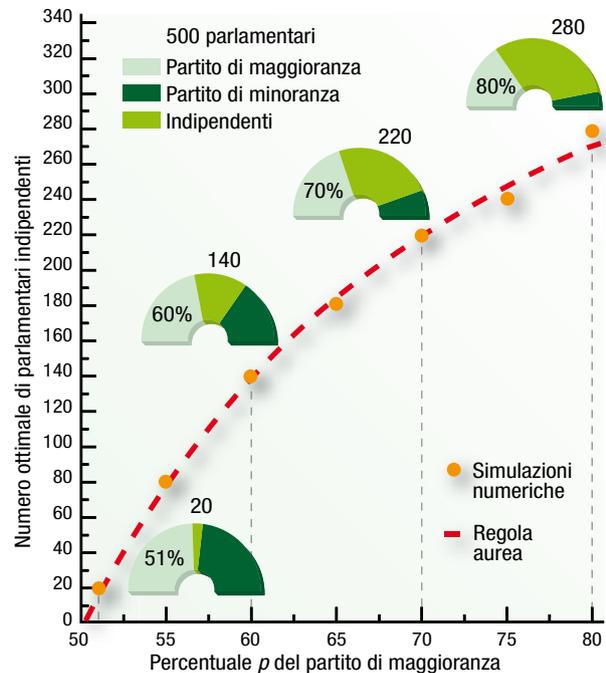
## Quanti parlamentari scelti dal caso?

Un aspetto fondamentale del modello è la possibilità di estrapolare analiticamente il numero ottimale  $N_{ind}$  dei parlamentari indipendenti, cioè la quantità esatta di deputati da selezionare tramite sorteggio in una lista di candidature non collegate ai partiti, in modo da massimizzare l'efficienza del Parlamento. Attraverso questa semplice formula, da noi denominata regola aurea

$$N_{ind} = \frac{2N - 4N(p/100) + 4}{1 - 4(p/100)}$$

è possibile calcolare  $N_{ind}$  a partire dal numero totale  $N$  di parlamentari (nel caso in esame  $N = 500$ ) e dalla percentuale  $p$  di voti ottenuta dal partito (o schieramento) di maggioranza rispetto a quello di minoranza nel corso di elezioni. Una volta riservati questi seggi ai parlamentari indipendenti, è possibile assegnare ai due partiti i seggi rimanenti ( $N - N_{ind}$ ) rispettando le proporzioni stabilite dalle elezioni.

Nel grafico è mostrato l'andamento del numero  $N_{ind}$  di parlamentari indipendenti al crescere della percentuale  $p$  del partito di maggioranza e si può notare che il risultato delle simulazioni (*cerchi arancioni pieni*) risulta in ottimo accordo con i valori previsti dalla regola aurea (*linea tratteggiata rossa*). È chiaro quindi che il numero dei parlamentari indipendenti necessari per massimizzare l'efficienza del Parlamento cresce in funzione della percentuale relativa del partito di maggioranza rispetto al partito di minoranza.



dipende strettamente dalla percentuale di legislatori membri della coalizione di maggioranza, calcolata senza tener conto dei parlamentari indipendenti (*si veda il box in alto*).

Il nostro modello suggerisce quindi questa ricetta pratica: in una prima fase, il consueto meccanismo elettorale dovrebbe stabilire la percentuale relativa dei seggi da assegnare alle due coalizioni o schieramenti politici; in una seconda fase, prima di assegnare effettivamente i seggi, se ne dovrebbe riservare un certo numero (determinato dalla nostra regola aurea sulla base delle percentuali ottenute con le elezioni) a parlamentari selezionati a caso, attraverso un pubblico sorteggio tra tutti i cittadini che vogliono candidarsi. I sorteggiati non potrebbero poi essere rieletti una seconda volta. Questa semplice procedura renderebbe il parlamento più efficiente e più partecipativo, consentendo a chiunque di diventare parlamentare e mitigando così lo strapotere attuale dei partiti nello scegliere i candidati.

### Più casualità, meno antipolitica

L'attuale meccanismo di selezione dei parlamentari italiani da parte delle segreterie di partito, frutto del perverso sistema delle liste bloccate, ha allontanato la classe politica dai veri bisogni della popolazione svuotando quasi del tutto il meccanismo elettorale di contenuto democratico. Tutto ciò ha portato l'opinione pubblica a un livello di sfiducia nei confronti dell'istituzione parlamentare che non ha precedenti nella storia repubblicana. La nostra proposta, a costo zero e di facile attuazione, per quanto possa sembrare provocatoria e idealistica (non c'è certezza che gli indipendenti restino tali per tutta la legislatura), potrebbe andare quindi nel verso giusto e dare quel segnale di profonda discontinuità che molti oggi auspicano sia nell'efficacia dell'azione politica sia nella maggiore partecipazione e rappresentatività dei cittadini. Del resto, for-

se non è un caso che il nostro lavoro abbia già suscitato parecchio clamore a livello internazionale, stimolando interessanti dibattiti nel mondo anglosassone e in particolare in Australia, dove da tempo c'erano proposte simili anche se non sostenute da modelli.

In conclusione, se è vero che i modelli di simulazione ad agenti si basano su inevitabili semplificazioni che a volte possono sembrare eccessive, è anche vero che, nella misura in cui le approssimazioni individuano gli ingredienti fondamentali del problema, è possibile dare un fondamento scientifico a intuizioni qualitative di tipo socio-economico, consentendo previsioni che in ogni caso vanno poi sempre confrontate con la realtà. Il nostro prossimo obiettivo è aggiungere ingredienti più realistici ai nostri modelli, in modo da rafforzare ulteriormente e definitivamente l'idea che l'introduzione, anche solo parziale, di una certa dose di casualità nelle strategie di ottimizzazione, possa migliorare l'efficienza di molte strutture sociali. In questo modo speriamo di stimolare l'esplorazione di soluzioni alternative ostacolate da pregiudizi e rigide convinzioni che mal si adattano alla complessità del mondo attuale. ■

### PER APPROFONDIRE

**The Peter Principle Revisited: a Computational Study.** Pluchino A., Rapisarda A., Garofalo C., in «Physica A: Statistical Mechanics and its Applications», Vol. 389, pp. 467-472, 1° febbraio 2010

**Miglior scegliere a caso: come sopravvivere in un mondo complesso adottando strategie casuali.** Pluchino A., Rapisarda A., Garofalo C., in «Psicologia Contemporanea», Vol. 228, 58-63, 2011.

**Accidental Politicians: How Randomly Selected Legislators Can Improve Parliament Efficiency.** Pluchino A., Garofalo C., Rapisarda A., Spagano A., Caserta M., in «Physica A: Statistical Mechanics and its Applications», Vol. 390, pp. 3944-3954, 15 ottobre 2011.

**Democrazia a sorte.** Caserta M., Garofalo C., Pluchino A., Rapisarda A., Spagano A., Casa Editrice Malcor D' Edizione, Catania, 2012.