

Dimensionarea in modelarea proceselor sociale

Ciprian Chelariu

Academia de Studii Economice Bucuresti

Cibernetica si Economie Cantitativa

Abstract. Aceasta lucrare isi propune sa aduca in prim plan problema agregarii in modelarea proceselor sociale privita din perspectiva dimensionarii acestora. Introducand ideea conform careia proprietatile, structurile de la nivel macro emerg din interactiunile agentilor la nivel micro si ca aceste proprietati, structuri nu sunt necesar intuitive-ba din contra, arareori sunt- si amintind cateva modele de baza in intelegerea sistemelor adaptive complexe, acest articol urmareste sa arate de ce modelele sociale intampina probleme atunci cand se urmareste cresterea dimensiunilor acestora, prin prisma proprietatii de emergenta.

Introducere

Sociologia, spre deosebire de alte stiinte care se doresc a fi mai exacte, mai formale, are meritul de a fi mult mai aproape de realitate, de a se ocupa de dinamicile sociale in toata complexitatea lor (Schimank 2005) in loc de a reduce realitate pana in punctul in care formulari matematice o pot cuprinde. Abstractizarea fatetelor mediului social intr-un mod similar celui din stiintele economice, spre exemplu, este extrem de dificila data fiind ambivalenta si nesiguranta afirmatiilor despre variabilele si relatiile existente intr-un astfel de sistem (Schimank 2005), pregnante chiar in sisteme in care interactioneaza putini actori, in moduri simple, cu atat mai mult atunci cand interactiunile devin mai variate iar numarul de agenti implicati creste.

Acest fapt este intarit de tendinta unei analize sociologice de a urmari cel putin trei tipuri de logica: logica de selectie¹, logica de situatie² si logica de agregare³. (Shimank 2005) Aceste trei componente si interactiunile lor fac dificila intelegerea dinamicilor sociale si modelarea lor. Cercetatorii din domeniul

¹ Logica de selectie se refera la felul in care sunt modelate deciziile agentilor, punandu-se problema maximizarii utilitatii sau urmarirea de norme, spre exemplu

² Logica situationala: structurile sociale care determina deciziile individuale sau cu alte cuvinte, variabilele importante in luare deciziilor, variabile ce vor fi incluse in logica de selectie

³ Logica agregarii: felul in care deciziile individuale sunt influentate de celelalte decizii din sistem (Schimank 2005)

sociologic se confrunta deseori cu imposibilitatea redarii dinamicilor structurilor sociale prin intermediul unor legi, de obicei matematice. Acestea pot fi intelese doar prin descrieri analitice conduse pas cu pas. (Schimank 2005) In sociologie nu este neaparat interesant sa se descopere o corelatie intre doua variabile ci sa se articuleze cum aceasta corelatie rezulta din actiunile individuale si interactiunea numerosilor agenti si sa se determine in ce conditii acestea au loc. Se urmareste astfel o reconstructie a mecanismelor cauzale.

Cu alte cuvinte, o explicatie sociologica se concentreaza atat pe logica individuala ca si pe interactiunea dintre deciziile unitare. De aceea este deosebit de important cum este formulata analitic si modelata problema: la ce nivel trebuie dusa complexitatea agentilor si la cel nivel cea a legaturilor dintre acestia. De obicei, se utilizeaza agenti simpli care au interactiuni cu un singur agent. Astfel de modele sunt relative "curate" si ajuta in intelegerea elementara a dinamicilor sociale. Sunt usor de inteles si produc rezultate inechivoce. (Schimank 2005)

Totusi, un tel esential al domeniului sociotonic este acela de a face posibile aceste abstractizari si de a asista concluzii asupra mediului social, tocmai in contextul maririi dimensiunilor modelelor propuse. Pentru a se face trecerea de la abstractizarea excesiva prezenta in modelele simpliste la modele apropiate de realitate, este necesara o dimensionare potrivita a acestora, care desi se indeparteaza de natura algoritmica in favoarea euristicii⁴, se afla mai aproape de complexitatea societatii. (Shimank 2005)

Lucrarea in cauza urmareste sa aduca in tema cele doua directii de (supra)dimensionare⁵ a modelelor sociale (sectiunea I), urmand ca apoi sa se concentreze pe dificultatea acestui demers. *Este ipoteza acestei lucrari ca dinamicile structurale din societate pot fi explicate nu prin legi clar definite sau simple corelatii, ci prin mecanisme care de cele mai multe ori produc rezultate contraintuitive, gratie proprietatii de emergenta si ca aceste element reprezinta un factor foarte important atunci cand vine vorba despre dificultatea maririi complexitatii modelelor pentru a se apropia de realitate.* Cu alte cuvinte, agregare nu este un proces clar, caracteristicile de la nivelul micro putand fi foarte diferite de rezultatul final. Uitandu-ne la caracteristicile componentelor de la baza unui intreg nu transmite faptele esentiale despre intreg; in cazul sistemelor sociale "mai mult" inseamna "diferit". Aceste aspecte sunt amplificate prin cresterea complexitatii modelelor si chiar de solutiile gasite pentru managementul complexitatii⁶. De aceea este foarte important ca logica sa fie inteleasa pecis. In acest sens, deosebit de utila se dovedeste notiunea cibernetica de sistem adaptiv complex si clasa de modele computationale bazate pe agenti, notiuni ce vor fi introduse, in sectiunile II si III. Lucrarea continua prin expunerea catorva modele bazate pe agenti, in sectiunea IV.

⁴ Astfel de modele impun combinatii de mecanisme pe care un cercetator le aplica in baza unei "intuitii" care, desi antrenata prin exercitiu, se indeparteaza de natura algoritmica a studiului ce are la baza modele puternic abstractizate.

⁵ Ideea de supradimensionare se refera la crestererea dimensiunilor peste cele folosite in mod uzual. In modelarea sociala dimensiunea uzuala este foarte redusa: cativa actori descrisi de cateva "fatete".

⁶ Sectiunile I.1 si I.2 prezinta cateva dintre aceste solutii.

Sectiunea I: Metode de (supra)dimensionare in modelarea proceselor sociale

In lucrarea "From Clean Mechanisms to Dirty Models" (Schimnak 2005), Uwe Shimank prezinta doua posibilitati de crestere a complexitatii modelelor sociale, una prin dimensionare cantitativa si una prin dimensionare calitativa.

In cea dintai, modelarea presupune interactiuni multiple ale agentilor, legarea acestora in constelatii complexe. Dimensionarea calitativa se refera la cresterea complexitatii agentilor care pot fi impinsi de multiple forte motivationale si sunt caracterizati de varii strategii, nu necesar rationale (sunt incluse aici influentele mediului dar si a societatii).

Majoritatea proceselor sociale modelate in prezent, urmeaza modelul de ajustarea mutuala, model ce are la baza observatie mutuala. Cu alte cuvinte, fiecare agent reactioneaza la structura macro (status-quo-ul) creat de ceilalti agenti prin deciziile lor dar si in anticiparea acestora; toti se adapteaza la toti ceilalti. Fiecare agent este diferit si se afla intr-o situatie diferita, daca si interactiunile acestuia sunt la scara larga (astfel obtinandu-se o scalare in ambele directii), sistemul manifesta o complexitate extraordinara. Ideea este de a gasi modalitati prin care un astfel de sistem sa poata fi inteles si sa aduca rezultate semnificativ generalizabile, modalitati prin care se poate tine sub control aceasta complexitate. De obicei se prefera totusi lucrul pe una dintre directii in vreme ce cealalta ramane in limite normale. Sectiunile I.1 si I.2 prezinta solutii pentru managementul complexitatii cantitative si calitative.

Sectiunea I.1: Cresterea complexitatii in sens cantitativ: marirea constelatiilor de agenti

Atunci cand (supra)dimensionarea are loc la nivel cantitativ, prin marirea numarului de actori care se gasesc in "constelatia" studziata, exista doua metode principale prin care complexitatea poate fi administrata. Este vorba in primul rand de tipizari iar in al doilea rand de utilizarea retelelor sociale.

Tipizarile au ca punct de plecare modurile in care oamenii reusesc sa ia decizii in contextul unei complexitati foarte mari, in viata lor de zi cu zi. Tipizarile reprezinta o reducere semnificativa a complexitatii concrete prin concentrarea atentiei la doar cateva aspecte esentiale. Mai specific, se refera cu precadere la modul in care oamenii isi simplifica realitatea categorisind, tipizand. O caracteristica foarte importanta a tipizarilor este ca ele sunt date de agentii sociali implicati (in cazul tipizarilor din realitate) sau de agentii analitici din model. Nu se poate uita natura tipizarilor in modelare, aceea de constructie sociala. (Shimank 2005) *Cu alte cuvinte si tipizarile rezulta din interactiunea agentilor, ca proprietate emergenta, mai ales cele institutionalizate prin repetitie.*

Utilizand notiunea de tipizare analitic, se poate interveni asupra:

- Naturii agentilor: spre exemplu, agentii pot fi impartiti in parinti si copii, sotii si sotii, elevi si profesori.

- Interacțiunilor dintre agenți: se pot defini unele scenarii (“scripts”) care ghidează felul în care pot avea loc interacțiunile dintre părinți și copii, soți și soții, elevi și profesori: cine inițiază o interacțiune, care sunt acțiunile posibile, etc.

Cele amintite mai sus sunt tipizări care reduc numărul de alternative pe care un agent le are, fie definindu-i natura, fie impunându-i scenarii date. Există, de asemenea, tipizări care asistă alegerea între două sau mai multe alternative.

Astfel, se poate discuta despre adoptarea de norme sau ceea ce se numește “actor-centered institutionalism”, fapt ce presupune că în societatea de agenți modelată există suficiente situații pentru care există norme de comportament, agenții urmându-le pe acestea în loc să judece situația și să formeze un comportament unic. Atunci când nu există norme, alegerea poate fi tipizată folosind interese comune în locul propriilor funcții de utilitate. În categoria de interese comune pot fi incluse, spre exemplu: creșterea resurselor, minimizarea costurilor (timp, energie), creșterea autonomiei, preservarea situației existente (status-quo). În plus, există ceea ce se numește “rationality fictions”⁷. Acestea sunt suprascrieri impuse de societate făcând ca anumite comportamente să fie considerate rationale. Astfel, un agent individual nu mai trece prin procesul de a determina ce este rațional în situația lui. Aceste “rationality fictions” sunt transformate de societate în interese comune. Interesele comune se pot și ele transforma în acțiuni de tip default atunci când un agent copiază pur și simplu acțiunea unui alt agent sau agenți pe care primul îi consideră ca urmărind un anumit interes comun, spre exemplu eficiența.

Cel de-al doilea mod prin care modelarea analitică a complexității cantitative poate fi asistată se referă la folosirea rețelelor sociale. Astfel, în locul rețelelor omogene, cu o densitate foarte mare sau chiar rețele în care fiecare agent comunică cu toți ceilalți, se folosesc rețele în care unii agenți au un număr mare de relații în vreme ce alții foarte puține, unii agenți se află în centrul acestora, alții sunt marginali, unele rețele au o densitate mare, altele una redusă. Rețele sociale sunt deosebit de utile normativ, atunci când se încearcă schimbarea orientată. Spre exemplu, cu ajutorul lor se poate cunoaște care agenți trebuie influențați la început pentru a duce la o diseminare rapidă și eficientă. Totuși, semnificativ pentru procesul de administrare a complexității cantitative, modelarea prin intermediul rețelelor sociale reprezintă un mod prin care o constelație de agenți și dinamica⁸ dintre aceștia pot fi descrise fără a fi nevoie de descriere detaliată la nivelul fiecărui agent.

Sectiunea I.1: Creșterea complexității în sens calitativ: adăugarea de fatete agentilor

În acest tip de modelare socială, complexitate nu rezidă din numărul mare de agenți dar din complexitatea fiecărui agent în parte, de caracterul lor idiosincronic. Astfel, pentru creșterea complexității, se adaugă numeroase “fatete” agenților implicați în model.

⁷ Powell, Maggio, citat în Shimank (2005)

⁸ De notat că diferite aspecte sau dinamici sunt modelate de rețele diferite. Spre exemplu, dinamica monetară într-o firmă poate fi diferită de dinamica puterii.

Spre exemplu, se poate vorbi despre o fateta sociala ce poate include confirmitatea cu normele, maximizarea utilitatii, emotiile dar si o identitate personala puternica. Cu privire la respectarea normelor, un agent poate avea nu doar o norma ci un set de norme, unele in conflict cu celelalte. Este nevoie de a delimita clar care dintre ele este relevanta. Se poate discuta de asemenea, de un numar mai mare de interese pe care un agent rational din punct de vedere economic le urmeaza (aici ar fi nevoie de detalii despre ce situatie activeaza ce interes: eficienta, castig, s.a). Se poate lua in calcul si ideea de rationalitate limitata avand in vedere limitele informationale, computationale si temporale dar si influentele sociale. Nu in ultimul rand, agentii pot beneficia de un repertoriu mai mare de actiuni posibile. In locul simplei decizii, acestia pot participa in actiuni de influentare prin prosmisiuni, amenintari, anagajamente dar si in actiuni de negociere. (Shimank 2005)

Este cat se poate de clar ca modelele care doresc sa se apropie de realitate trebuie sa considere combinatii de marire a complexitatii. Totusi, demersul nu este deloc unul facil. Unul dintre motivele principale este acela al proprietatii de emergenta la nivelul unei multitudini de aspecte amintite pana acum, cum ar fi: la nivelul logicii de agregare, la nivelul normelor sociale sau la nivelul caracterului social care poate fi impus unui agent. Sectiunile urmatoare se ocupa de studiul emergentei ca proprietate a sistemelor sociale, nu inainte de a introduce notiunea de sistem adaptive complex.

Sectiunea II: Sisteme adaptive complexe

Sistemele adaptive complexe reprezinta viziunea actuala asupra sistemelor reale si cea de-a treia viziune cibernetica dupa cea mecanicista (fizica) si cea biologica. Prin introducerea sistemelor adaptive complexe, cibernetica s-a apropiat foarte mult de domeniul complexitatii dar si de realitate. Astfel, cibernetica isi propune sa studieze unul dintre cele mai importante, daca nu cel mai important, proces prin care trece un sistem: adaptarea. Este vorba aici despre adaptarea unui sistem complex la un mediu care este de asemenea complex.

Un fapt ajutator in intelegerea complexitatii este contrastarea unui sistem complex cu unul complicat. Intr-un exemplu interesant, James Rickards afirma ca un ceas elvetian este un mecanism complicat. Numarul mare de rotite, arcuri si pietre pretioase care compun ceasul il fac sa fie complicat. Insa, desi numeroasele piese se ating, acestea nu interactioneaza. Nu se intampla ca "una din rotite sa creasca doar pentru ca celelalte considera ca ar fi o idee buna"⁹ si nu se intampla ca toate piesele sa se reorganizeze spontan intr-o alta forma. (Rickards, 2012)

Se vorbeste initial despre complexitate ca fiind definita de numarul de interactiuni dintre partile componente ale unui sistem. Totusi, aceasta viziune este una simplista care nu ia in calcul natura relatiilor si proprietatile emergente ale acestora la nivel macroscopic.

La baza sistemelor complexe, sustine Rickards, stau componentele individuale numite agenti autonomi care interactioneaza. Un sistem caracterizat de o complexitate semnificativa, are agenti diversi. Diversitatea da nastere la fenomene interesante. A doua componenta esentiala este conectivitatea: agentii au o punte de legatura, un mod prin care interactioneaza. A treia componenta este

⁹ Rickards, 2012, pagina 200

interdependenta in sensul in care agentii se influenteaza unul pe celalalt prin interactiune, astfel, spre exemplu, o persoana care doreste sa faca o plimbare si vede pe geam oameni purtand umbrele, isi va lua si ea o umbrela sau o pelerina de ploaie (reactia nu trebuie sa fie identica dar influenta exista cu certitudine). O a patra caracteristica este reprezentata de adaptabilitate, fenomen ce indica mai degraba invatare decat schimbare. Aceste patru elemente stau la baza unui sistem complex, totusi, pentru a avea de-a face cu un sistem cu adevarat complex, mai este nevoie de doua componente esentiale: proprietatile emergente si tranzitiile de faza.

Proprietatile emergente sunt acele reactii ale sistemelor ce rezulta din interactiuni fara a fi parte a unui design sau mecanism de control. Cel mai bun exemplu ar fi corpul uman in cadrul caruia diverse elemente ce raspund unor legi proprii, interactioneaza si dau nastere la ceva "nedorit", viata. Interactiunile de un anumit fel si organizarea intr-o anumita structura pot crea astfel de proprietati-turnand elementele principale ale corpului uman intr-un bol nu va da nastere unei vieti omenesti. (Rickards, 2012) Tranzitiile de faza descriu felul in care un sistem adaptiv complex trece de la o stare la alta, descriu in fond schimbarea prin mecanismele de interactiune ale partilor. Totusi, nu toate sistemele complexe sunt in asteptarea unui tranzitii de faza. Pentru ca o schimbare de stare sa aiba loc este necesar un punct critic. Punctele critice sunt premergatoare punctelor de inflexiune si sunt date de un anumit aranjament al agentilor autonomi. Astfel, adaugarea unei valori intr-un sens poate aduce cu sine o schimbare de mare amploare, neprevazuta a priori, in sensul celalat ("the stick that broke the camel's back"). Un bun exemplu este o avalasa: caderile de zapada adauga la cantitatea de zapada de pe o anumita suprafata pana in momentul in care un ultim fulg de nea se aseaza iar toate zapada curge la vale. (Rickards, 2012)

Desi foarte intuitiva si utila, descrierea lui Rickards nu reprezinta un model formal al sistemelor adaptive complexe. O prezentare detaliata a acestora presupune evidentiarea catorva caracteristici esentiale ale acestora. Astfel, sistemele adaptive complexe au urmatoarele caracteristici, descrise de Maijn Janssen si George Kuk:

- Emergenta: agentii interactioneaza in sistem in moduri aparent aleatoare; din interactiunile lor apar structuri care influenteaza agentii sistemului si sistemul in ansamblul lui
- Co-evolutie: toate sistemele exista ca parte a unui mediu in care activeaza; cand mediul se schimba, si sistemele trebuie sa se schimbe pentru a fi adaptate mediului. Schimbandu-se dau nastere la alte schimbari ale mediului creand un lant dinamic
- Sub-optimalitate: un sistem adaptiv complex nu trebuie sa fie neaparat optim pentru a supravietui intr-un mediu dar trebuie sa fie indeajuns de bun
- Varietate necesara: cu cat varietatea in intreriorul unui sistem este mai mare, cu atat este mai puternic si mai complex
- Conectivitate: felul in care agentii unui sistem sunt conectati unul cu celalalt si felul in care comunica este critic pentru evolutia sistemului. Aceste modalitati de interactiune determina tiparele care apoi se propaga inapoi asupra agentilor. Modul de interactiune este mai important chiar decat agentii insasi

- Reguli simple: desi tiparele care rezulta din interactiuni pot fi foarte complicate si complexe, agentii reactioneaza la reguli simple
- Senzitivitate: schimbari minore ale conditiilor initiale pot avea consecinte serioase asupra sistemului daca exista mecanisme de feedback in functiune
- Auto-organizare: nu exista management sau control in interiorul unui sistem adaptiv complex; rezultatele apar ca urmare a interactiunilor necontrolate, interactiuni care tind ele inele catre adaptabilitate optima
- Marginea haosului: complexitatea si haosul sunt doua lucruri semnificativ diferite. Totusi, complexitatea si haosul au o legatura in sensul in care complexitatea se afla undeva intre echilibrul si dezordine. Cu cat e mai apropiat de haos dar nu e inca dezorganizat, cu atat sistemul este mai complex
- Sisteme "cuibarite": majoritatea sistemelor sunt parte a altor sisteme

In ansamblu, sistemele adaptive complexe sunt sisteme bazate pe agenti individuali. In cadrul sistemelor, agentii iau decizii, actiuni ce au la baza modele mentale private, modele pe care le pot impartasi cu ceilalti agenti. Modelele mentale se pot insa modifica astfel putand fi posibile fenomene precum adaptare, invatarea. Totusi, trebuie mentionat ca sistemele nu sunt necesar liniare si mici modificari pot genera rezultate de mari proportii. Interactiunile agentilor determina caracteristici emergente ale sistemelor. Bineinteles, sistemele pot fi parte a unor sisteme mai mare ce le incorporeaza. Astfel de sisteme sunt capabile de auto-organizare si creeaza ordine fara a fi nevoie de un control volunar, de design. (Scarlat, 2014) Sectiunea urmatoare prezinta o clasa de modele care, desi simple, au o contributie importanta in intelegerea sistemelor adaptive complexe, modele bazate pe automate celulare.

Sectiunea III: Modelul automatelor celulare

Faptul ca fiecare sistem adaptiv complex are la baza microstructuri autonome recomanda pentru buna intelegere a acestora, modelele bazate pe agenti. In cadrul acestora, agentii (persoane, organizatii, tari) interactioneaza si se comporta diferit, in functie de metoda de modelare. Exista cateva optiuni atunci cand vine vorba despre comportamentele acestora. Astfel, agentii pot fi rationali (optimizeaza o anumita functie), comportamentali (tind sa se poarte cat mai apropiat de realitate) sau rule-based (respecta anumite reguli). Aceasta lucrare va urma cea din urma optiune de modelare a comportamentelor.

Ca prim pas, pentru ca interactiunea agentilor determina proprietati emergente, "nedorite" si stabile, recomanda, pentru modelarea acestora, spre exemplu, clasa de modele a automatelor celulare.

Aceasta parte a lucrarii introduce notiunea generala de automata celulara si abordeaza unele chestiuni relevante pentru modelare. In modelele din clasa automatelor celulare avem N agenti dispusi intr-un plan (ocupa pozitii), aranjati in cerc. Fiecare agent are un numar de k vecini la stanga si k vecini la dreapta. Cel mai frecvent model este acela cu un sigur vecin in fiecare directie, astfel, spre exemplu,

primul agent are vecini pe al doilea si pe al N-lea agent. Fiecare agent ia decizii binare (intre 0 si 1, deschis si inchis, alb si negru, s.a.m.d) in baza unei regule fixe, comune (aici apare o limitare serioasa a modelului care reduce diversitatea agentilor si deci nivelul complexitatii, lucru compensat insa de setul mare de interactiuni posibile). Regula presupune observarea comportamentului din perioada anterioara a celor doi vecini si al comportamentul agentului in cauza.

Astfel, un model cu doar 2 vecini produce 8 combinatii posibile de alegeri initiale, alegeri cu care se pleaca in analiza (t_0). Acestea sunt:

0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	1	0
1	1	1

Fiecarei combinatii ii poate fi atribuita o valoarea binara care determina ce va face agentul central in cazul care intalneste situatia respectiva. Spre exemplu, se poate spune ca agentul central care a ales 0 in perioada anterioara si ai carui vecini au ales 0, respectiv 1, va alege 1 in urmatoarea perioada. Pentru inceput, consideram aceste atribuirii de valori binare fiecarei combinatii ca fiind aleatorii. In consecinta, pentru un joc de 3 jucatori avem 8 aranjamente posibile iar pentru fiecare din cele 8 avem 2 posibile valori rezultand in total 256 de reguli adica seturi de cate 8 atribuirii aleatorii. Regulile sunt denumite dupa numarul decimal care rezulta din combinatia binara de atribuirii. Spre exemplu, regula care da vectorul de rezultate (0 1 1 0 1 0 0 0) deci, regula care combinatiei 0 0 0 ii atribuie 0, combinatiei 0 0 1 ii atribuie 1 si asa mai departe, va fi regula numarul 22. Aceasta regula este una deosebit de interesanta. *Pentru a vedea rezultate modelului se va folosi softul NetLogo.* Ruland modelul pentru o perioada de 128 de iteratii, pentru un numar mare de agenti dispusi intre 0 si 1 aleator cu un numar de aparitii al valorii 1 raportat la aparitiile numarului 0 de 30%, produce rezultatul ilustrat in Figura 1. Dupa cum se poate observa in figura, se obtin niste rezultate deosebit de interesante. Actiunile individuale ale agentilor care iau decizii bazate pe o regula foarte simpla, fara intentia de a produce un rezultat anume, dau nastere unor macrostructuri care se afla dincolo de scopurile agentilor implicati. Se formeaza tringhiuri cu varful in jos dintre care cele mai mari cresc in dimensiune progresiv. Bineinteles, cu un numar finit de agenti, exista un numar finit de configuratii posibile si deci aceeaasi configuratia va aparea la un moment dat din nou dar intr-un numar foarte mare de iteratii. (Page si Miller, 2007)

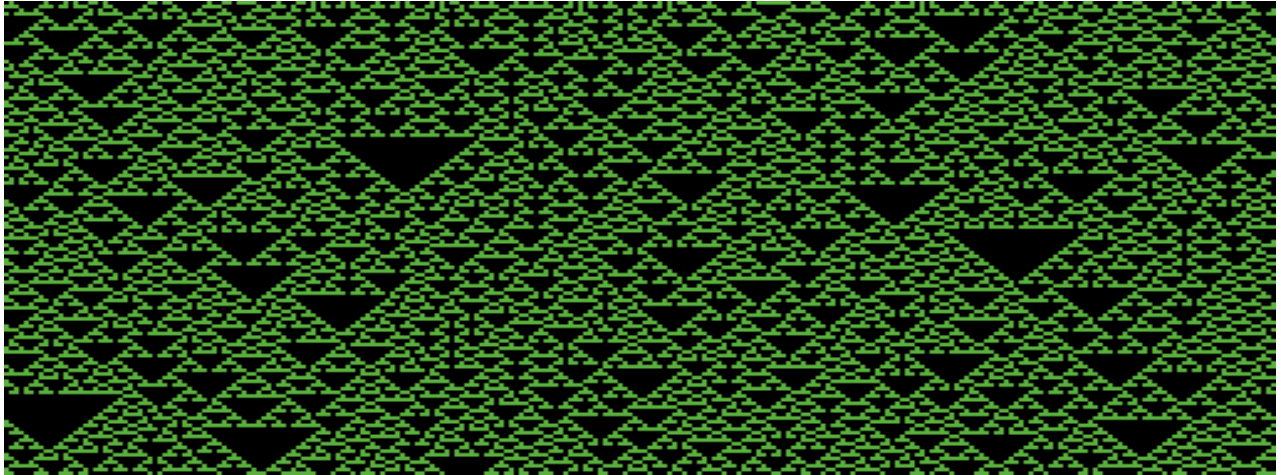


Figura 1: Regula 22 a modelului automatei celulare. Sursa: calculul autorului

Este important de notat ca nu toate regulile rezulta in astfel de tipare complexe. Spre exemplu, regula care atribuie oricarei combinatii din cele 8, valoarea 1, se blocheaza intr-un echilibru dupa prima iteratie. Pe de alta parte, regula care sustine ca la fiecare iteratie agentul central alege varianta opusa perioadei anterioare (regula 51 spre exemplu) creaza un ciclu de perioada egala cu 2 cum este ilustrat in Figura 2.

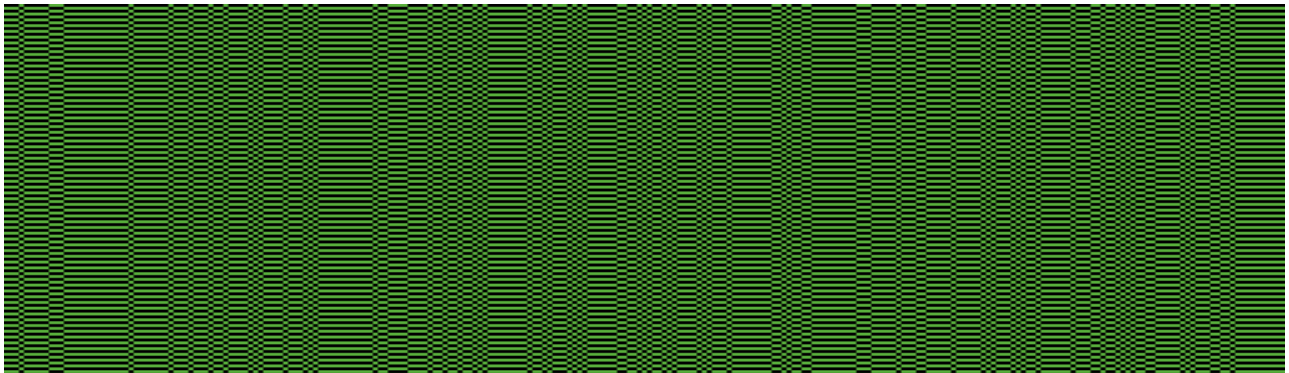


Figura 2: Regula 51 a modelului automatei celulare. Sursa: calculul autorului

Stephen Wolfram recunoaste aceasta proprietate a modelelor automatelor celulare si clasifica cele 256 de reguli posibile in functie de rezultatele care se obtin ruland fiecare regula in parte. Astfel, apar 4 clase:

- Clasa 1: genereaza un echilibru omogen
- Clasa 2: formeaza structuri periodice (exemplul regulii 51)
- Clasa 3: dau nastere unor tipare haotice
- Clasa 4: creaza tipare complexe care persista in timp si spatiu (exemplul regulii 22)

(Page si Miller, 2007)

Analizand cu atentie o suita mai larga de reguli si rezultatele ce sunt produse de catre acestea in conditii initiale variate, se poate observa ca rezultatul este dat atat de structura initiala cat si de regula (de felul in care se formeaza tipare plecand de la structura initiala). In termeni practici, evolutia unui sistem va depinde atat de sistemul in sine (de structura initiala a acestuia) cat si de regulile care se impun in conditiile unor structuri anume. Spre exemplu, evolutia unei piete in termeni de adoptare a unei practici, depinde atat de distributia initiala a practicii respective in randul companiilor cat si de felul in care agentii de pe piata interactioneaza si imprumuta comportamente de la ceilalti participanti.

Este de asemenea foarte important de notat ca felul in care agentii reactioneaza ,data fiind o anumita structura a mediului, influenteaza la randul ei structura mediului creand un efect de spirala. Avem deci parte de o co-evolutie a celor doua componente. Este posibil ca fenomenul sa se opreasca in echilibru sau sa itereze la infinit generand cicluri sau tipare complexe.

Desigur, plecand de la modelul automatei celulare in forma lui clasica (cu cele 256 de reguli), se pot forma varii modele care respecta anumite constrangeri. Spre exemplu, se poate vorbi despre cat de realiste, social vorbind, este un model bazat pe cele 256 de reguli si se poate altera acest model pentru a-l aduce mai aproape de realitate. Scott Page si John Miller vorbesc despre cateva aspecte relevante. In primul rand, amintesc cat de potrivita este modelarea pe baza unei reguli fixe, cu alte cuvinte cat de potrivita e presupunerea omogenitatii agentilor. In multe situatii avem de-a face cu agenti reprezentativi; spre exemplu, marea majoritate a companiilor sunt maximizatoare de profit. Exista, desigur, situatii in care nu putem vorbi despre asa ceva, fapt ce afecteaza robustetea modelului. In plus, Scott si Miller propun introducerea a doua constrangeri viabile din punct de vedere social:

1. simetria observationala care spune ca agentul central nu poate discrimina intre cei doi vecini, astfel incat, situatia in care agentul din stanga spune 1 iar cel din dreapta spune 0 trebuie sa rezulte in aceeasi decizie a agentului central cu cea in care vecinul din stanga spune 0 si cel din dreapta spune 1. Acest lucru reduce numarul total de aranjamente initiale posibile cu 2
2. simetria rezultatelor ce afirma ca un agent nu va alege sa obtina un alt rezultat daca este posibil sa obtina unul aflat pe o scara superioara a preferintelor. Astfel, el il ignora propriul raspuns din perioada anterioara. Acest lucru reduce cu inca 2 variantele posibile.

Luate impreuna, cele doua restrictii reduc la 3 aranjamentele initiale cauzand o scadere foarte mare a regulilor posibile, de la 256 la 8. Daca privim jumatate dintre reguli ca opusul perfect a celorlalte 4, obtinem defapt 4 reguli relevante. (Page si Miller, 2007). Aceste aspecte, desi foarte interesante, nu vor fi abordate in detaliu in aceasta lucrare.

De asemenea relevanta este o alta variatiune a modelului automatelor celulare, mai precis modelul care atribuie valorile ce s-ar obtine date fiind aranjamentele initiale, bazandu-se pe regula majoritatii. Desi in discordanta cu restrictiile mentionate mai sus, modelul majoritatii functioneaza in multe cazuri intalnite in realitate. Acesta presupune ca agentul central, inconjurat de k vecini la stanga si k vecini la dreapta, isi va schimba raspunsul daca se afla intr-o minoritate mai mica de k vecini. (Page si Miller, 2007) Spre exemplu, intr-un model cu 2 vecini de-o parte si de alta in care agentul are atribuita valoarea 0 iar 3 dintre ceilalti 4 agenti au atribuita valoarea 1, agentul central isi va schimba optiunea in 1.

Automatele celulare bazate pe regula majoritatii permit numeroase modificari la nivel de structura a modelului. Spre exemplu se pot observa modificarile survenite in rezultatele iteratiilor atunci cand agentii nu actioneaza sincronizat ci conform unei anumite ordini, ordine ce poate fi determinata aleator sau bazata pe un anumite criteriu: locatie, numar de agenti cu o valoare similara, s.a.m.d. (Page si Miller, 2007) Astfel, se pot observa rezultate interesante precum faptul ca modelele majoritatii bazate pe decizii sincronizate pot rezulta in cicluri in vreme ce modelele majoritatii bazate pe decizii nesincronizate rezulta intotdeauna in echilibre fixe, nu neaparat omogene. Ca o regula, echilibrele fixe se formeaza atunci cand exista o secventa de o lungime mai mare decat $k+1$ de o anumita valoare, 0 sau 1.

Exista numeroase aspecte a modelelor bazate pe automate celulare care merita consideratie, cum este, spre exemplu, notiunea de margine a haosului privita din perspectiva celor 256 de reguli. Totusi, aceasta lucrare nu le va aborda in detaliu ci se limita la a observa cum un model bazat pe agenti ce urmeaza reguli fixe si care interactioneaza cu doar 2 alti agenti poate produce rezultate deosebit de complexe, unele imposibil de intuit. In aceeaasi directie, sectiunea III prezinta 3 modele distincte, mult mai specifice dar cu o functionare similara si rezultate asemanatoare.

Sectiunea IV: Modele de sorting si peering bazate pe agenti

Aceasta clasa de modele porneste de la observatia conform careia persoanele care se aduna in grupuri, se aseamana: arata la fel, se comporta la fel si gandesc la fel. Cu alte cuvinte, de cele mai multe ori, grupurile sociale sunt grupuri omogene. Acest fapt are in spate doua procese diferite, care se potentiaza unul pe celalalt in crearea sau consolidarea omogenitatii grupului. Mai important decat atat, aceasta omogenitate apare ca proprietate emergenta. Pentru exemplificare, lucrarea aminteste in continuare trei modele relevante: modelul segregarii a lui Schelling, modelul de prag a lui Granovetter si modelul "Standing Ovation" al lui Miller si Page.

Sectiunea IV.1: Modelul segregarii a lui Shelling

Modelul segregarii abordat de Thomas Shelling in lucrarea sa "Micromotives and Macrobehaviour" (Shelling 1978) aduce in tema tocmai ideea de emergenta la nivelul sistemelor sociale, privite prin modele bazate pe agenti ce urmeaza anumite reguli stabilite a priori. Ideea de baza a analizei este ca deseori comportamentele la niveluri superioare nu sunt aceleasi cu ce se intampla la nivel de individ. Acest model ilustreaza forta de sorting care actioneaza pro-omogenitate la nivelul grupurilor de agenti, persoanele similare alegand de la bun inceput sa faca parte din acelasi grup.

Pentru exemplificare si anticipand usor prezentarea ce urmeaza, in unul din exemplele sale, Schelling abordeaza segregarea pe criteriul de rasa si ajunge la concluzia ca intr-un set-up de oameni toleranti rasial (decid sa se mute intr-o alta zona rezidentiala doar daca propria etnie este sub 30% din populatia totala), comportamentul general denota intoleranta, comunitatea fiind segregata in proportie de 70%.

În modelul său, unul computațional, lumea este alcătuită din agenți ce se împart în două grupuri. Aceștia populează pătrate pe o tablă de șah. Fiecare dintre agenți este echipat cu un nivel de toleranță: un prag de acceptare a prezenței, în jurul lui, a persoanelor ce fac parte din celălalt grup.¹⁰ În cazul în care pragul agentului este depășit, acesta se va muta într-o altă zonă a tablei de șah, liberă. Cele două grupuri pot avea același prag de acceptare sau praguri diferite.

În modelul său, fiecare agent are un număr de 8 vecini pe baza cărora își analizează decizia de a rămâne în locația curentă sau de a se muta. Spre exemplu, dacă un agent are un prag de acceptare de 37.5%, înseamnă că aceasta va rămâne în zona curentă atâta timp cât mai mult de 3 din cei 8 vecini fac parte din același grup ca agentul în cauză. În tabelul 1, agentul marcat cu X, prezintă similitudine cu 5 din cei 8 vecini ai săi. La un prag de acceptare de 3/8, acesta nu se va muta din zona curentă.

	X	

Tabel 1: Ilustrare a modelului cu 8 vecini.

Folosind NetLogo, se pot ilustra exemple mai complexe, în care numărul agenților este de ordinul miilor. În Figura 3 este ilustrată o astfel de aplicație, în care numărul de agenți este setat la 2000, distribuția inițială este aleatoare (rezultând într-o așezare în care aproximativ 50% dintre vecini sunt similari fiecărui agent) și nivelul de acceptare este de 35% (fiecare agent dorește ca cel puțin 35% dintre vecini să-i fie similari pentru a alege să rămână în poziția curentă). Figura 3A arată distribuția inițială, în vreme ce Figura 3B indică distribuția de echilibru.

¹⁰ În aceeași manieră, este posibil ca spațiul pe care agenții îl ocupă să fie unul amorf, cu indivizii distribuiți aleator, în care aceștia calculează aceleași raporturi cu privire la vecinii lor, într-o arie atribuită probabilistic.

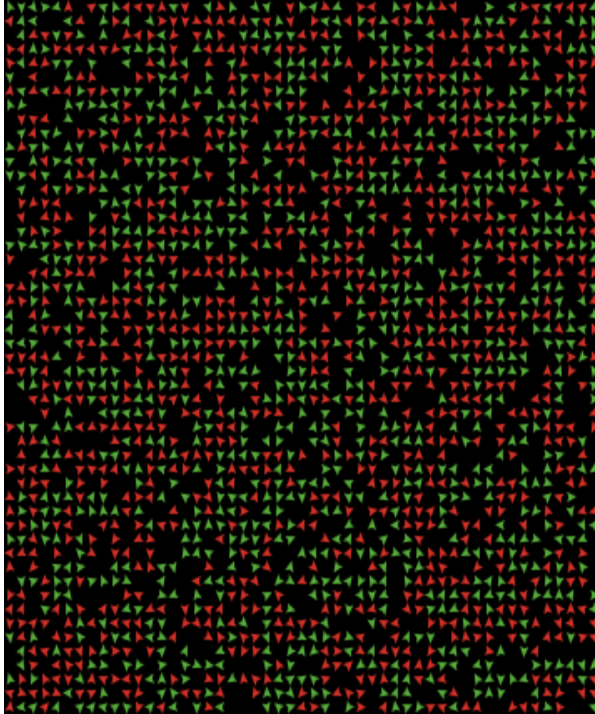


Figura 3A: Distributia initiala. Sursa: calcule proprii

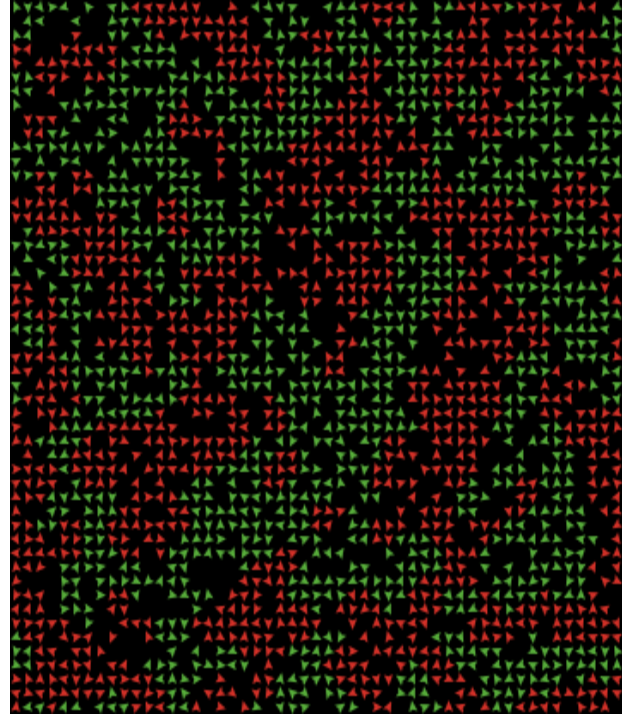


Figura 3B: Distributia finala. Sursa: calcule proprii

Permitand miscarea agentilor in functie de pragul de 35%, un prag care denota toleranta fata de celalalt grup, se obtine un spatiu segregate, cu un procent mediu de 78% similaritate. Cu alte cuvinte, un comportament tolerant la nivel de agent rezulta intr-un sistem aparent intolerant.

Cand pragul de toleranta creste la 60%, segregarea este aproape totala, atingand nivelul mediu de 96%, din nou, un comportament agregat mult mai violent decat cel de la nivel micro.

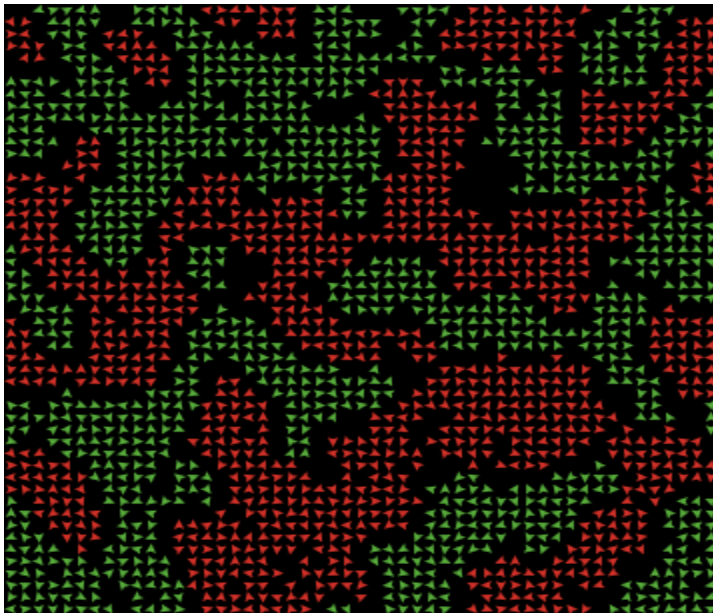


Figura 4: Distributia finala cu un prag de 60%. Sursa: calcule proprii

Modelul prezinta cateva particularitati ce merita mentionate:

- segregarea apare chiar si in cazul societatilor tolerante
- primii agenti care se misca atrag dupa sine un val de miscari, acestia modificand prin comportamentul lor structura celorlalti agenti
- nivelurile de toleranta diferite pentru cele doua grupuri aduc o segregare mai accentuata dar are nevoie de un numar mai mare de perioade pana sa aiba loc

Sectiunea IV.2: Modelul de prag a lui Granovetter

Modelele de prag dezvoltate de Mark Granovetter in lucrarea sa "Threshold Models of Collective Behaviour" (Granovetter 1978) ilustreaza o a doua forta care conduce la omogenitatea grupurilor, efectul de "peering", in care agenti care au ajuns sa faca parte din acelasi grup, poate aleator, imprumuta comportamente de la ceilalti membri ai grupului, tinand cont de o functie interna.

In studiile uzuale asupra actiunilor colective, argumentele principale stau in normele, valorile sau preferintele comune ale persoanelor ce fac parte din grup. Cu alte cuvinte, agentii aleg sa actioneze similar pentru ca impartasesc norme, valori sau preferinte, dobandite fie inainte, fie dupa intrarea intr-un anumit grup. Studiul initial de Granovetter are la baza tocmai ideea de dispersie a normelor, valorilor si preferintelor, asa cum se va arata in continuare.

In acest model, agentii au de facut o alegere binara (da sau nu). Decizia lor este una intr-un fel rationala, maximizatoare si depinde de cati alti agenti au luat o decizie sau alta. Cu alte cuvinte, fiecare agent are un prag care face diferenta intre cele doua variante. Spre exemplu, agentul Y, are nevoie sa vada un procentaj de X% dintre ceilalti agenti alegand variant "da" pentru ca el, la randul lui, sa aleaga "da". Echilibrul se determina atunci cand niciun alt agent nu mai ia o anumita decizie, pragurile acestora fiind prea mari.

Astfel de modele functioneaza cel mai bine in intelegerea fenomenelor sociale precum revoltele, grevele, migratia, difuzia informatiei, s.a.

Matematic, modelul are la baza o functie cumulativa de distributie ce numara frecventa persoanelor care au un prag mai mic decat numarul de persoane care au facut o anumita alegere. Acest numar, fiind la randul sau determinat de o functie recursiva ce ia ca argument procentajul persoanelor cu un prag mai mic decat cel din perioada anterioara.

Considerand cazul unei revolte:

- x -nivelul pragului
- $f(x)$ -functia de distributie a pragurilor x
- $F(x)$ -functie cumulativa de distributie ce indica procentajul agentilor cu un prag mai mic sau egal cu $\sum f(x)$. $r(t)$ -numarul persoanelor care se revolta la momentul t

Astfel, in momentul urmator lui t , $t+1$, numarul persoanelor care se revolte $r(t+1)$ va fi egal cu frecventa persoanelor al caror prag este mai mic sau egal cu valoarea functie cumulative de distributie din perioada anterioara.

$$r(t+1)=F(r(t)) \quad (1.1)$$

O concluzie foarte importanta a modelului, rulat pe o deviatia normala, cu o medie oarecare dar modificand deviatia standard-chiar si cu 0.1- este aceea ca grupuri foarte apropiate pot avea comportamente foarte diferite. Spre exemplu, la o medie de 25 si o deviatia standard de 12.1, apar 6 persoane care se alatura revoltei. Modificand deviatia standard la 12.2, apar 100 de persoane implicate in revolta. Acest fapt sugereaza ca in actiunile colective persoanele care se afla la extrema distributiei sunt cele care decid rezultatul intregului grup. Fara ca persoanele ce au un prag foarte scazut sa existe este posibil ca intreaga cascada de angrenare in revolta sa nu aiba loc.¹¹

Desigur, modelului i se pot aduce numeroase nuante pentru a-l apropia de realitate. Spre exemplu, includerea unei erori care inglobeaza efectul adus de o anumita alegere facute de o persoana apropiata, un prieten sau un lider de opinie. De asemenea relevant este cum se formeaza acele praguri.¹²

Totusi, concluzia esentiala ramane ca miscari mici la extremitatile distributiei pragurilor pot aduce modificari masive la nivelul sistemului, aducand un plus de dificultate incercarii de anticipare a comportamentelor colective. *Acest fapt, impreuna cu ideea ca agentii ce urmeaza reguli bazate pe aceste praguri pot aduce rezultate greu de prezis, adauga la dificultatea modelarii sociale si cu atat mai mult cu cat are loc cresterea dimensiunii modelelor.*

Sectiunea IV.3: Modelul “Standing Ovation”

Dezvoltat de Scott Page si John Miller, modelul construieste pe ideea de actiune colectiva privita prin intermediul agentilor ce iau decizii binare si aplica ideea de “peer effect” asupra unei chestiuni cotidiane: a te ridica sau nu de pe scaun la finalul unui act artistic pentru a oferi aplauze performerilor.

Acesta aduce in modelarea actiunilor colective tocmai acele nuante care ar fi putut fi aduse si in modelul lui Granovetter dar cu dificultate. Astfel, agentii din model gandesc, interactioneaza cu ceilalti in spatiu dar si in timp-agentii pot lua decizii in sincron sau asincron-, au un anumit grad de sofisticare-pot fi naivi, simpli, super-informati-, se influenteaza unul pe celalalt, s.a. Rezultatele modelului se resfaring asupra felului in care circula informatia, asupra modului in care rezultatul poate fi influentat prin prezenta unor “influenceri”¹³.

Formalizat, modelul are la baza o matrice cu R randuri si C coloane, combinatiile ij din matrice desemnand un agent. Fiecare agent face o evaluare a spectacolului $q_{ij} \in [0,1]$. De asemenea, fiecare

¹¹ Acest fapt este poate chiar mai relevant in cazul aparitiei violentei in cadrul unei revolte cand o piatra aruncata inspre trupele de ordine poate aduce violenta generala.

¹² Factori precum educatia, experienta anterioara sau pozitia sociala pot fi relevanti.

¹³ Persoane care au o influenta semnificativa asupra deciziei celorlalti agenti, cum ar fi unele vedete sau pur si simplu persoane pe care toata lumea le observa-cele asezate pe randurile din fata.

agent are un anumit prag T_{ij} care, depasit, angreneaza actiunea de a se ridica de pe scaun. Parametrul s_{ij} ia valoarea 1 daca agentul de pe pozitia ij sta in picioare si 0 daca nu. S^t este suma tuturor valorilor s_{ij} . Fiecare jucator are un camp vizual in care intra un anumit numar de alti jucatori. Decizia acestora influenteaza decizia agentului analizat, conform anumitor reguli. Acestea pot depinde de mai multi factori: daca persoanele aflate in campul vizual sunt considerate ca fiind super-informate, daca sunt prieteni, s.a.

Rezultatele acestui model sunt de asemenea surprinzatoare, multe dintre persoanele care ajung sa stea in picioare la finalul iteratiilor fiind persoane al caror prag de calitate era mai mare decat evaluarea interna, dovedind inca o data ca efectele la nivelul sistemului pot fi foarte diferite de cele asteptate data fiind analiza la nivel de agent.

Sectiunea V: Concluzie

Incercand micșorarea spatiului dintre robustetea modelelor si complexitatea realitatii, este necesar ca procesele de modelare sa aiba in vedere metode prin care poate avea loc o crestere a complexitatii, fie prin marirea numarului de agenti implicate, fie prin diversificarea acestora. De asemenea, este invariabil util sa existe modalitati prin care complexitatea poate fi administrate. Totusi, acest procese sunt delicate si dificil de realizat, unul dintre motive fiind faptul ca mecanismele prin care se produc anumite structuri sociale nu sunt lesne de inteles, fiind rezultatul interactiunii dintre motive interioare ale agentilor si interactiunile cu ceilalti agenti. Acest fapt complica exponential construirea unui model care sa fie in acelasi timp curat, robust si apropiat de realitate.

Aceasta lucrare a adus in discutie directiile prin care modelele sociale pot fi dimensionate in favoarea cresterii complexitatii dar si cateva unelte utile in managementul complexitatii in vederea obtinerii de rezultate robuste. Mai mult decat atat, dat fiind faptul ca atat modalitatile de dimensionare (prin caracteristicile agentilor, prin numarul mare de interactiuni dintre agenti dar si prin natura interactiunilor-a se vedea sectiunile I.1 si I.2), cat si mijloacele de administrare a complexitatii (tipizarile, normele, influenta sociala) au la baza puternice component emergente, aceasta lucrare a prezentat cum rezultatele macroscopice sunt dificil sau imposibil de prevazut, anticipat atunci cand rezulta ca proprietate emergenta. In consecinta, *este concluzia acestei lucrari ca emergenta la nivelul structurilor sociale modelate produce rezultate specifice fiecarui aranjament structural in parte si reprezinta, in consecinta, un factor semnificativ atunci cand vine vorba despre dificultatea cresterii complexitatii modelelor sociale, in contextul obtinerii unor rezultate robuste.* Cu alte cuvinte, atunci cand un model social este dimensionat de asa natura incat sa se apropie de realitate, gratie proprietatii de emergenta de la nivelul multiplelor aspecte ale modelului, rezultatele obtinute vor fi foarte specifice modelului respectiv si deci, putin generalizabile.

Referinte:

Granovetter, M., "Threshold Models of Collective Action", The American Journal of Sociology, Vol. 83, No. 6, 1420-1443

Miller, J., and Scott, P., "The Standing Ovation Problem", disponibil la

<http://vserver1.cscs.lsa.umich.edu/~spage/ONLINECOURSE/R2StandingOvation.MillerPage.pdf>

Page, S., and Miller, T., "Complex Adaptive Systems: An Introduction to Computational Models of Social Life", Princeton University Press, 2007, Capitolele 8 si 9

Rickards, J., "Currency Wars", Portfolio, 2012, Capitolul 8

Scarlat, E., Note de curs Cibernetica Intreprinderii, 2014

Schelling, T., "Micromotives and Macrobehavior", Norton, 1978, Chapter 4: Sorting and Mixing