

The Game of Life, Decision and Communication

Game of life reprezintă un mediu spațial de celule care trăiesc și mor conform regulilor fixe ale naturii jocului. În varianta de bază, comportamentul unei celule poate fi descris drept reactiv și determinist deoarece tranziția fiecărei celule se face la o stare reală.

Starea ulterioară este definită direct de reguli impuse. Se poate arata cum cota de ocupare spațială a celulelor vii în mediu scade rapid și se nivelează la o valoare foarte mică (aproximativ 3%), practic independent de numărul inițial de celule vii. Această pondere a ocupației poate fi puternic crescută dacă celulele vii învata regulile jocului înainte ca acesta să înceapă. În astfel de pre-jocuri, celulele vii pot lua decizii nedeterminate în funcție de pozițiile lor individuale și, în plus, au capacitatea de a “comunica” cu celelalte celule.

1) Conway's Game of Life:

Este un automat celular implementat pe o grilă $m \times n$ (m și n fiind mărimea mediului) de celule care pot avea două stări: vii sau moarte.

Fiecare celulă interacționează cu cele opt vecine (vertical, orizontal și diagonal). La fiecare tranziție există 4 conjuncturi posibile:

1. subpopulare: orice celulă vie cu mai puțin de doi vecini vii moare
2. supraviețuire: orice celulă vie cu două sau trei celule vecine vii trăiește în următoarea generație
3. supraaglomerare: orice celulă vie cu mai mult de trei celule vecine vii moare
4. reproducere: orice celulă moartă cu exact trei vecini vii devine o celulă vie

2.1) Reguli decizionale pre-joc

O acțiune adecvată care îmbunătățește ponderea de ocupare a populației nu ar trebui să modifice jocul de bază – regulile sunt fixate în natura lor. În plus, crearea de noi celule nu este permisă și poate avea loc numai prin reproducere. O acțiune care poate fi adăugată este ștergerea celulelor înainte de aplicarea regulilor. Resursele ocupate ar fi eliberate și din moment ce se dorește ca celulele să ia astfel de decizii pe cont propriu, acest lucru ar putea fi văzut ca un sacrificiu.

2.2) Simulari, experimente și rezultate

Întegrăm un joc pre-aplicare reguli pe care îl poate juca o celulă vie. Astfel, înainte de joc, celula poate decide dacă să se sacrifice sau să rămână în viață. În cele ce urmează introducem o variantă simplă pentru un astfel de pre-joc, numită non-deterministă joc n-die.

Jocul nedeterminist cu n-die:

Fie Game of life aplicand regulile descrise mai sus.

CL denotă setul de celule vii din runda reală de joc, unde pentru toate $c_i \in CL$

Vecinătatea N_i este definită astfel: $N_i = \{c_j \in CL \mid c_j \text{ este vecin cu } c_i\}$.

Pentru un număr $n \in \mathbb{N}$, $1 \leq n \leq 8$ jocul nedeterminist n-die este definit de următorul algoritm:

A. Inițializare

a. Cream o listă AL și includem toate celulele vii $c_i \in CL$ într-o ordine aleatoare

B. Decizia de sacrificiu

a. Pentru $\forall j \in \mathbb{N}$, $1 \leq j \leq |AL|$:

i. Trătam celula c_k la poziția j din lista AL după cum urmează:

1. Dacă $|N_k| = n$ (N_k reprezintă lista de celule moarte):

a. Etichetăm c_k ca mort

b. $\forall c_i \in CL : N_i = N_i \setminus \{c_k\}$

b. Ștergem toate celulele cu etichete moarte

C. Aplicați setul de reguli al jocului

Fazele A și B constituie pre-joc: toate celulele cu n vecini se sacrifică. Mai mult, acest lucru se întâmplă într-un mod nedeterminist: celulele sunt ordonate într-o secvență aleatoare și fiecare celulă sacrificată este, de asemenea, ștersă în vecinătatea tuturor altor celule. Astfel de ex. o celulă care avea inițial mai mult de n vecini poate avea n vecini la următorul pas. În consecință, faptul că lista AL este ordonată aleator face ca algoritmul să fie nedeterminist. Jocul n-die non-determinist realizează un joc al vieții cu pre-joc, în care celulele acționează pe rând și decid să moară dacă au exact n vecini la momentul decizional.

Algoritmul realizează o regulă de decizie fixă pentru celule: sacrifică-te dacă ai exact n vecini. Astfel, pentru a lua o decizie, celulele au doar acces la informațiile vecinilor direcți. Și acest lucru este astfel construit pe baza aranjamentelor devecinilor direcți.

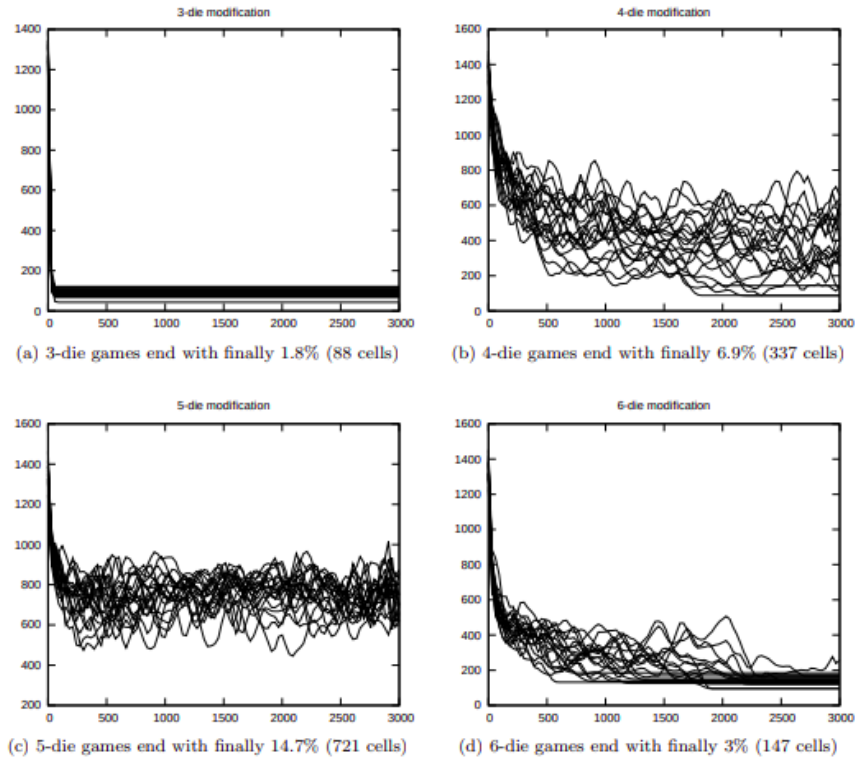


Figure 2: The number of alive cells over 3000 simulation steps for different n -die games. The number of cells decreases from an occupation share of initially 25% to average values of 1.8% for the 3-die game, 6.9% for the 4-die game, 14.7% for the 5-die game and 3% for the 6-die game.

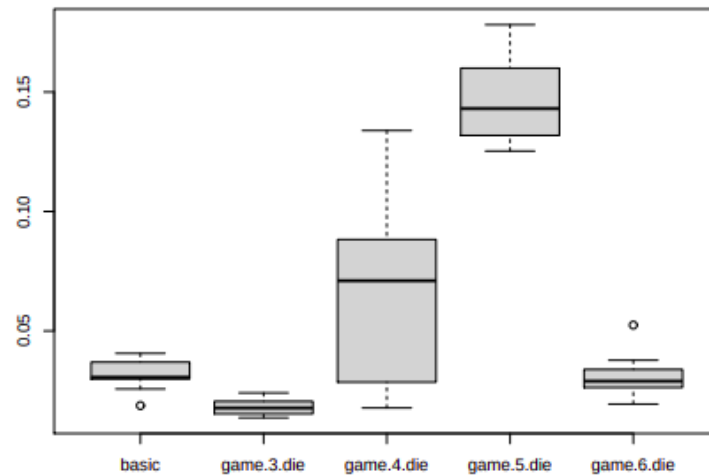


Figure 3: Box plots of the final occupation share for the basic game and the 4 n -die games

2.3) Explicatii ale rezultatelor experimentale

Rezultatele simulării celor patru jocuri diferite n-die relevă diferențe remarcabile în performanță.

Jocul cu 3 zaruri sacrifică celulele care au 3 vecini. Astfel regula sacrificiului susține o moarte mai rapidă în comparație cu jocul original. Viteza de scădere nu este doar mai mare, ci și ocupația finală are o cota mai mică cu 1,8%, aproape jumătate din cea a jocului de bază.

Jocul cu 4 zaruri produce trei efecte. În primul rând, sacrifică celulele care oricum ar muri din supraaglomerare astfel încât nu există o accelerare a vitezei de moarte ca pentru jocul cu 3 zaruri. În al doilea rând, în zonele slab aglomerate provoacă moartea celulelor vecine din cauza subpopulării, care ar supraviețui în jocul de bază. Astfel, suportă indirect o accelerare a morții. În al treilea rând, curăță zonele aglomerate, astfel salvând și alte celule care ar muri prin supraaglomerare.

Al treilea efect pare a fi mult mai puternic decât cel de-al doilea, întrucât ponderea medie finală de ocupare este cu 6,9% mai mare decât valoarea finală a jocului de bază.

Jocul cu 5 sau 6 zaruri sacrifică și celulele care oricum ar muri prin supraaglomerarea conform setului de reguli de baza. Trebuie luat în considerare faptul că celulele cu 6 vecini sunt cu adevărat rare în timpul unei simulări, mai ales prin reconsiderarea faptului că fiecare celulă începe în medie cu doi vecini.

3) Situații de vecinătate și învățare

În cadrul jocului n-die, celulele își iau deciziile în funcție de circumstanțele lor individuale, determinate de numărul de vecini. Dar ce s-ar întâmpla dacă ar fi capabili pentru a obține mai multe informații (circumstanțele clusterelor vecine)?

Pentru a răspunde la aceste întrebări am aplicat un pre-joc mai elaborat. Acesta permite celulelor să solicite informații despre circumstanțele celulelor vecine și să ia decizia pe baza informației proprii sau a vecinilor direcți, situație numită jocul $n \times m$ -die.

Celulele nu au reguli fixe ca în secțiunea anterioară, dar învață reguli prin dinamica de învățare. Astfel, înainte de a da definiția algoritmului $n \times m$ -die, introducem dinamica de învățare aplicată în modelele noastre, numit reinforcement learning.

Reinforcement learning poate fi surprinsă de un model simplu bazat pe urne, cunoscut și ca urne P'olya. O urnă modelează o alegere probabilistică în sensul că probabilitatea de luare a unei anumite decizii este proporțională cu numărul de bile corespondente acelei acțiuni. Prin adăugarea sau îndepărtarea de bile dintr-o urnă după fiecare extragere, comportamentul unui agent este ajustat treptat. În această lucrare aplicăm RL într-un mod în care celulele jocului vieții învață cum să se comporte înainte de joc.

4) Comunicare intercelulara

În jocul $n \times m$ -die din Secțiunea 3, celulele sunt capabile să obțină starea vecinilor, lucru care încalcă regula informației locale din secțiunea 2.1.

O posibilitate de a respecta regula informațiilor locale și de a oferi celulelor acces la stări ale vecinilor direcți este următoarea: în loc de aceasta o celulă poate observa starea unei celule vecine c_j , celula c_j poate comunica starea sa către c_i , dacă c_i solicită informația. Astfel, pentru a obține informații deasupra propriei vecinătăți directe, celulele trebuie să comunice. Acest lucru poate fi modelat cu acuratețe cu un cont teoretic al jocului, numit joc de semnalizare.

5) Concluzii

Ca rezultat de bază, s-a arătat performanța vieții, în ceea ce privește cota de ocupație a celulelor vii, poate fi îmbunătățită puternic prin integrarea pre-jocuri care dau celulelor vii oportunitatea de a se sacrifica înainte ca setul de reguli să fie aplicat.

În secțiunile 2 și 3 s-a arătat că astfel de decizii pre-reguli au avut succes în special (în comparație cu jocul de bază al cotei de ocupație a vieții de aproximativ 3%) prin respectarea următoarelor strategii:

1. Regula celor 5 zaruri: Sacrificiul, dacă ai exact 5 vecini (cota de ocupare: 14,7%)
2. Reguli de tratare a vecinului: Sacrificiu, dacă vecinul tău are exact 4 vecini; și supraviețuire, dacă vecinul tău are mai puțin de 4 vecini (cota de ocupare: 28,4%).