

Szaporodás

Cél. Az élet alapfeltétele a szaporodás. Csak önreprodukáló struktúrák között működhet a természetes kiválasztódás, csupán ezáltal bontakozhat ki az evolúció. A természetben pedig az élővilágot az evolúció képessége különbözteti meg minőségileg az élettelenről. A sejtautomatákat tanulmányozva Neumann János adott először modellt arra, hogy kétdimenziós sejtautomatában – megfelelő szabályok bevezetése esetén – végbemehet a minták önreprodukciója. A „minta” két részből épül fel: egy információt hordozó „szalagból” és egy „szerszámgépből”. Neumann modelljében mindkettő színes zsetonok alkalmas rendszere volt egy nagy négyzethálós táblán. A „szerszámgép” a szalagról leolvasta az információt, majd ennek értelmében meghatározott színű új zsetonokat rakott a sakktábla megfelelő helyeire.

Ha mármost a szalagon annak receptje van feljegyezve, miként kell lemásolni a szalagot, s ezután miként kell felépíteni egy új szerszámgépet, akkor ez a kétkomponensű struktúra képessé válik az önreprodukcióra. Neumann János eredeti modelljében minden zsetonnak 28 különböző színe (kvantumállapota) lehetett, az önreprodukáló struktúra kirakásához mintegy 200 000 színes zseton kellett. Azóta Neumann tételét tekintik annak elvi bizonyítékául, hogy egyszerű mozgástörvényt követő élettelen alkatrészekből (molekulákból) önreprodukáló struktúra (élő organizmus) kialakulhat. Ehhez magas bonyolultsági szint (meglehetősen sok alkotóelem kombinálása) kell, de ezen túl külön életerő (vis vitalis) feltételezése nem szükséges.

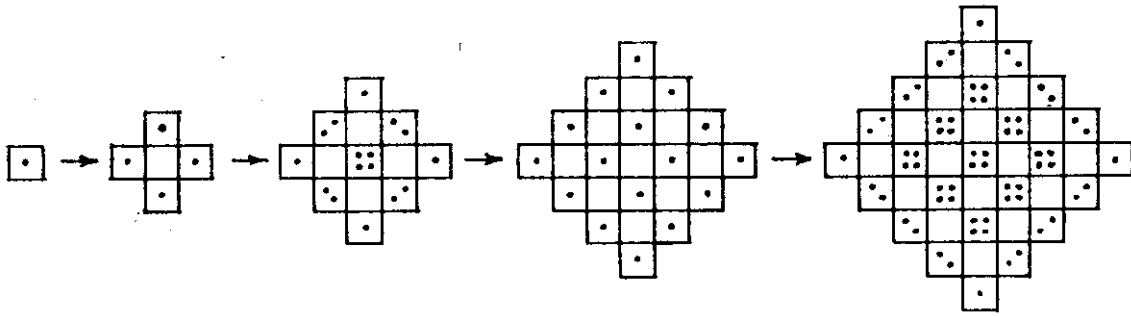
Neumann János 1948 szeptemberében tartotta előadását az önreprodukáló sejtautomatákról. Öt év múlva, 1953-ban Watson és Crick felismerte, hogy az élőlény receptje a DNS-molekula „egydimenziós” szalagjára van feljegyezve. Az élő szervezet (a benne működő sok enzim-fehérje) végrehajtja a DNS molekula utasításait, többek között a DNS másolatának összeillesztését. A tanulságot Orgel ebbe a mondatba sűrítette: „Az élőlény egy komplex információátalakító és önreprodukáló struktúra, amely természetes kiválasztódás által fejlődik.”

A Neumann-automata megjelenése után többen próbálkoztak olyan egyszerűbb sejtautomata kidolgozásával, mely külön „deus ex machina” feltételezése nélkül szintén illusztrálja az önreprodukciót. Az itt bemutatott automata Edward Fradkin ötlete (Massachusetts Institute of Technology, 1961). Az automata hibája, hogy túlságosan egyszerű: benne bármilyen minta reprodukálódik és szaporodik.

Játék. Világmodellünk ismét kétdimenziós négyzetháló, pl. sakk- vagy go-tábla. Ezen egyforma gombok vannak: egy négyzeten vagy van gomb, vagy nincs. A gombgenerációk véges időközönként követik egymást. Hogy a következő generációban lesz-e gomb egy négyzeten, azt a közvetlen környezet egyértelműen eldönti. A környezetet a négy szomszédos: felső, jobb, alsó és bal négyzet képezi. A négyzet üres lesz a következő generációban, ha páros számú (0, 2, 4) gombszomszédja van. A négyzeten gomb lesz, ha a környezetében az előző generációban páratlan számú (1, 3) gomb található.

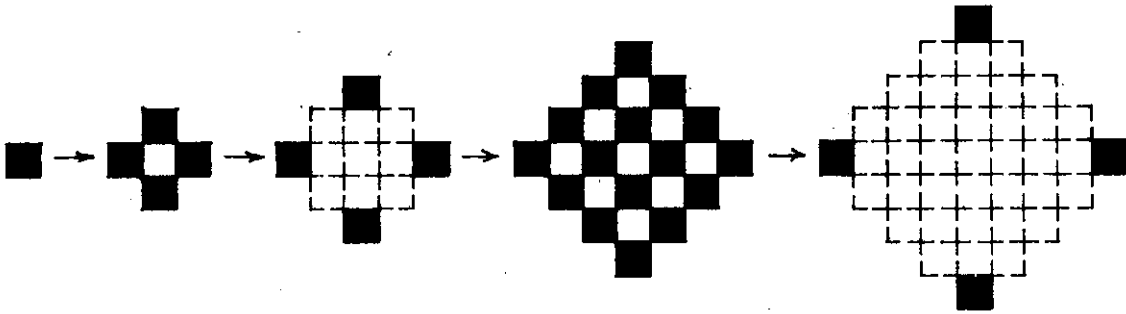
Rakjunk ki a táblára néhány gombot (kezdő generáció), majd hagyjuk őket sorsukra. A játékszabály determinálja a gomb-népeség alakulását a következő generációra. Azt tapasztaljuk, hogy a mezőn 4, esetleg 8 lépés után megnégyyszereződik a kirakott minta, később még több példány népesíti be a táblát. (Annál nagyobb lépésszám szükséges a minta megnégyyszerezéséhez, minél nagyobb a minta átmérője.)

Matematika. Bizám György nyomán egyszerűen bizonyíthatjuk az önreprodukció képességét. A sakktáblát gondolatban négyzetalakú Petri-csészék rendszerével helyettesítjük, amelyekben tápoldat van. Tekintsünk egy amóbát, amelynek a következő tulajdonsága van: egy másodperc alatt egy-egy utódot produkál a négy szomszédos csészébe, azután rögtön meghal. A csészékben a tápoldat viszont olyan indikátort tartalmaz, amely páros számú élő amóba esetén fehér (átlátszó), páratlan számú élő amóba esetén fekete. Ez a „biológiai” modell épp a Fradkin-féle sejtautomata fenti szabályát realizálja. Most már könnyű figyelemmel kísérni, mi lesz egyetlen amóbából (1. ábra).



1. ábra

Az amőbanépesség bemutatott alakulását indikátorunk a 2. ábrán látható módon jelzi. Egy amőbából – a pepita mintán át – négy lett!



2. ábra

Vegyük észre, hogy szabályunk megengedi az egyes minták egymásra szuperponálását (az amőbalét-számok összeadódnak). Ebből következik, hogy ha egy egységű „amőba” helyett egy sok sejtből álló „kutyát” helyezünk a táblára, akkor a kutya egyes sejtjeiből kialakuló minták először „interferálnak”. De ha a minták már eléggé eltávolodtak egymástól, akkor 2^n lépés után négy kutya lesz a mezőkön, s később még több. (2^n -nek nagyobbnak kell lennie, mint a kutya átmérője.)

10 GOTO 110

A program gyorsabban fut, ha az egyes ciklusok újratevésénél a gépnek nem kell a bevezető utasításokat "átlapozni".

20 FOR X=2 TO 39

10 FOR Y=2 TO 39

A mező 40×40 méretű, de a peremét mindig üresen tartjuk. Az események a $2 \leq X \leq 39$,
 $2 \leq Y \leq 39$ koordinátájú négyzeteken történnek.

30 LET K(X, Y)=S(X-1, Y)+S(X, Y-1)+S(X+1, Y)+S(X, Y+1)

S(X, Y)=1, ha az X, Y mezőn sejt van. K(X, Y) adja meg az X, Y négyzet környezetében levő sejtek számát.

31 NEXT Y

32 NEXT X

40 FOR X=2 TO 39

41 FOR Y=2 TO 39

50 IF S(X, Y)+K(X, Y)=0 THEN 80

Semmiből nem lesz semmi. Ha a négyzet és környezete is üres, nem történik semmi.

60 IF INT(K(X, Y)/2)=K(X, Y)/2 THEN 100

Ha a környezetben páros sok sejt van a négyzet üres lesz a következő generációban.

70 LET S(X, Y)=1

71 PLOT X, Y

Egyébként ott sejt lesz

```

80 NEXT Y
81 NEXT X
90 LET T=T+1
91 PRINT AT 0, 0;T
    Számláljuk és kiírjuk a négyzetszámot.
92 GOTO 20
100 LET S(X, Y)=0
101 UNPLOT X, Y
102 GOTO 80
110 PRINT "MENNYI SEJTTEL INDULSZ";
111 INPUT N
120 DIM S(40, 40)
121 DIM K(40, 40)
130 FOR I=1 TO N
140 PRINT "ADD MEG EGY SEJT KET KOORDINATAJAT!"
141 INPUT X
142 INPUT Y
150 PLOT X, Y
151 LET S(K, Y)=1
160 NEXT I
170 LET T=0
171 GOTO 20

```

Számítógép. Egy generáció létrehozása jó egy percet vesz igénybe. Az idő zömét az veszi el, hogy minden ciklusban az egész játékmezőt végig kell pásztázni. Ha pl. 40×40 helyett 20×20 méretű mezővel megelégszünk, a játék négyszerezésre gyorsul.

Indulásnál próbáljuk ki a következő 7 kezdősejtet: (13, 13); (14,13); (14, 14); (14, 15); (15, 14); (16, 14); (16, 15). Mi a kezdő alakzat? Mi lesz a képernyőn 4, 8, 16 generáció múlva?

Irodalom.

Takács Viola (szerkesztő): Sejtautomaták, Gondolat (1978), 288. oldal.

J.v. Neumann: The General Theory of Automata, in: Gerberal Mechanism in Behavior, John Wiley, New-York, (1951)

M. Eigen-R. Winkler: A játék, Gondolat (1981)

M. Gardner: Mathematical Games. Scientific American, (1971 február), 112. oldal.