

IGRA ŽIVOTA (Game-of-Life)

Najpoznatiji dvodimenzionalni ćelijski automat je Igra života koju je izmislio John Conway 1970.

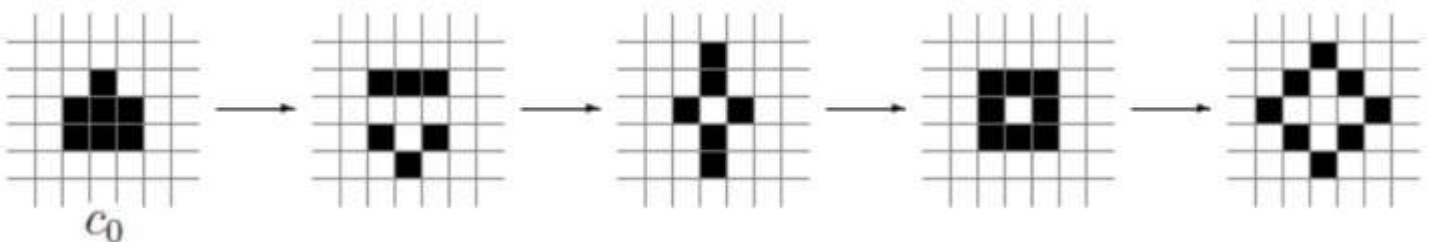
Njegov ćelijski prostor je Z^2 , a skup stanja $S = \{0, 1\}$, pri čemu za ćeliju sa stanjem 1 kažemo da je živa i pridružujemo joj crnu boju, dok za ćeliju sa stanjem 0 kažemo da je neživa i pridružujemo joj belu boju.

Vektor susedstva je $N = \{(-1, -1), (-1, 0), (-1, 1), (0, -1), (0, 0), (0, 1), (1, -1), (1, 0), (1, 1)\}$, odnosno igra života ima Moore-susedstvo poluprečnika $r = 1$.

Standardna oznaka Igre života je „B3/S23”, jer je njeno lokalno pravilo ažuriranja definisano na sledeći način:

- neživa ćelija će živeti (engl. „born”) ako ima tačno tri živa suseda, inače će ostati neživa
- živa ćelija preživljava (engl. „survives”) ako i samo ako među njenih osam ćelija suseda ima tačno dve ili tri žive ćelije. Manje od dva živa suseda uzrokuje njenu smrt zbog izolacije, a više od tri živa suseda uzrokuje smrt zbog prenatrpanosti.

Na slici je dat primer vremenske evolucije početne konfiguracije c_0 u Igru života.



Igra života je izvanredna jer je njeno lokalno pravilo ažuriranja jednostavno, a ponašanje konfiguracija tokom vremena nepredvidivo.

Konfiguracije Igre života koje imaju konačan broj živih ćelija nazivamo uzorcima.

Tokom godina ljubitelji Igre života su napravili kategorizaciju uzoraka sa različitim ponašanjima tokom vremena. Za neke od kategorija uzoraka se koristi sledeća terminologija:

- mrtva priroda: fiksna tačka uzorak. Pravilo ažuriranja ne menja stanja ćelija tokom vremena.

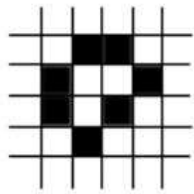
Najmanja mrtva priroda je blok. Blok čine četiri žive ćelije koje obrazuju kvadrat, ostale ćelije su nežive. Još jedan primer mrtve prirode dat je na slici niže pod a). Broj mrtvih priroda koje imaju n živih ćelija je za $n = 1, 2, 3, \dots$ redom 0, 0, 0, 2, 1, 5, 4, 9, 10, 25, 46, 121, 240, 619, 1353, . . .

- oscilator: periodičan uzorak.

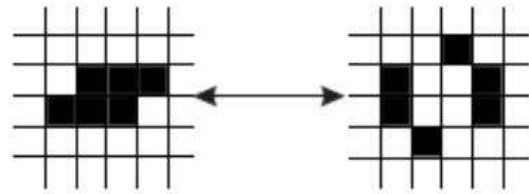
Pravilo ažuriranja može promeniti uzorak ali nakon određenog broja koraka polazni uzorak se ponovo pojavljuje. Mrtva priroda je poseban tip oscilatora. Jedan oscilator sa periodom dva dat je na slici niže pod (b).

- svemirski brod: uzorak koji se nakon određenog broja koraka pojavljuje ponovo, moguće na nekoj drugoj poziciji na mreži Z^2 . Oscilator je svemirski brod koji se ne pomera. Prvi otkriveni svemirski brod naziva se jedrenjak i on je dat na slici niže pod c).

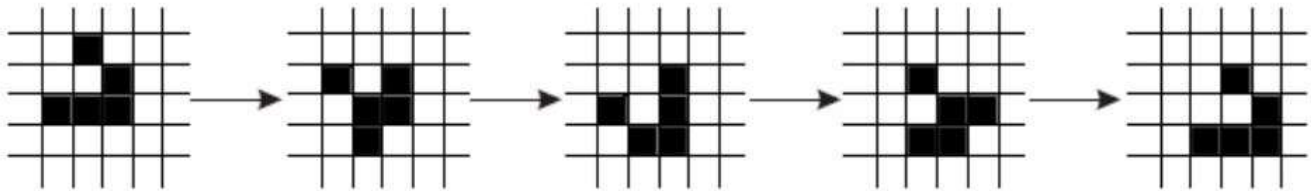
- puška: konačan uzorak koji je kao i oscilator periodičan, ali pored toga periodično emituje (ispaljuje) svemirske brodove, pri čemu je period puške uvek umnožak perioda emitovanja. Na slici niže pod d) dat je primer puške koja emituje jedrenjake, tzv. jedrenjak puška.



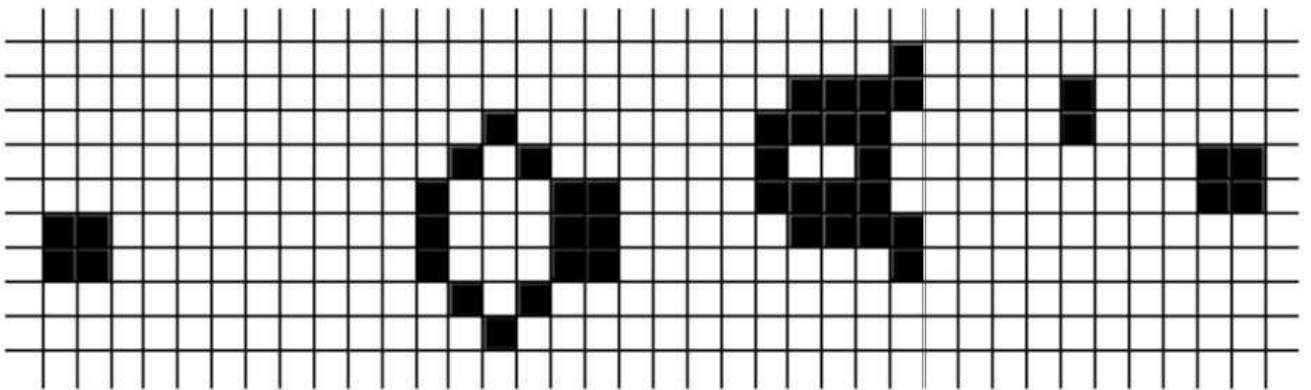
(a)



(b)

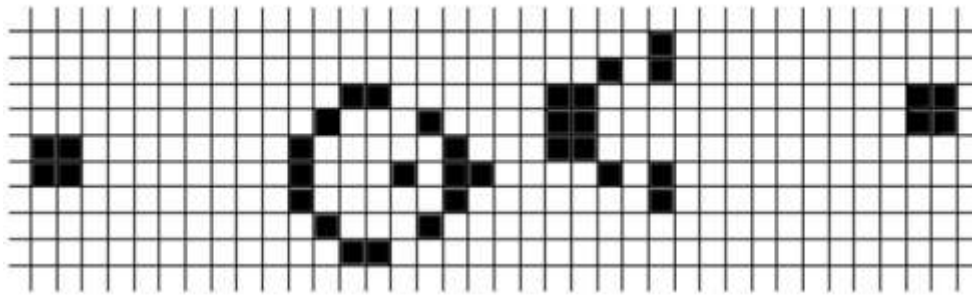


(c)



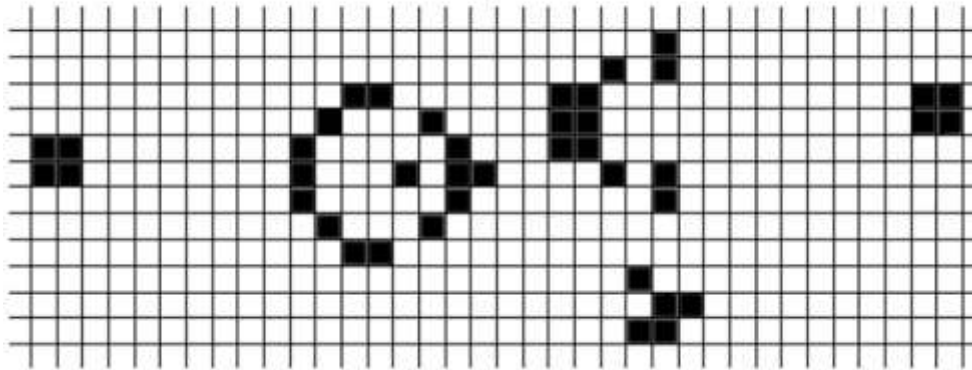
(d)

Iste godine koje je igru i osmislio, Conway je postavio hipotezu da ne postoji uzorak koji može rasti neograničeno tokom vremena, tj. da ni za jednu početnu konfiguraciju sa konačnim brojem živih ćelija, populacija ne može rasti iznad neke konačne gornje granice. U oktobru 1970. Igra života je prvi put publikovana u kolumni „Matematičke igre” Martin-a Gardner-a i tom prilikom je Conway ponudio nagradu od 50 dolara prvom koji do kraja te godine dokaže ili opovrgne njegovu pretpostavku. Nagradu je već u novembru osvojio tim koji je predvodio Bill Gosper sa Tehnološkog instituta u Masačusetsu. Oni su opovrgli pretpostavku Conway-a kontraprimerom koji je poznat pod nazivom Gosperova jedrenjak puška.



Gosperova puška

(a)



Iteracija u kojoj se vidi kako Gosperova puška ispaljuje jedrenjak

(b)

To je ujedno bila i prva jedrenjak puška otkrivena u Igru života. Ono što u ovom kontraprimeru obezbeđuje rast broja članova populacije tokom vremena jeste periodično emitovanje jedrenjaka. Sve do 2015. godine ovo je bila najmanja poznata jedrenjak puška.

Igra života je, baš kao i elementarni CA sa pravilom ažuriranja 110, računski univerzalna, odnosno sposobna da simulira rad bilo kog drugog CA, Turingove mašine ili bilo kog drugog sistema za koji je poznato da može biti preveden u univerzalan sistem. Osnove dokaza univerzalnosti Igre života dali su, nezavisno jedan od drugog, Berlekamp 1982. godine i Gosper 1983. Paul Rendell je 2000. godine u Igru života implementirao Turing-ovu mašinu koja se može proširiti do univerzalne Turingove mašine. Napomenimo da postoje brojne varijante igre života, koje imaju nešto drugačije pravilo ažuriranja od klasične igre ili drugačiji ćelijski prostor.