www.ElitesJournal.ir

مجله نخبگان علوم و مهندسی

Journal of Science and Engineering Elites

ISSN 2538-581X

جلد ۲- شماره ۳- سال ۱۳۹۶

ارائه روشی بمنظور جلوگیری از روند کاهش سریع سلول های زنده در شبکه اتوماتای سلولی کانوی

سیده فاطمه موسوی[۱*]، مهدی افضلی[۲]

۱- کارشناسی ارشد مهندسی نرم افزار کامپیوتر دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان

۲- استادیار گروه کامپیوتر دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان

*f.mousavi1827@gmail.com

ارسال: خرداد ماه ۹۶ پذیرش: مرداد ماه ۹۶

چکیده

هر اتوماتای سلولی سیستم های ساده ی گسسته ای هستند که با قوانین ساده و محلی می توانند محاسبات و رفتار پیچیده ای از خود بروز دهند. هر سلول برای خود مجموعه ای از حالات دارد که در هر لحظه با توجه به حالت خودش و همسایه ها تصمیم می گیرد که به چه حالتی برود و مشهورترین نمونه آن بازی زندگی کانوی می باشد. در بازی زندگی کانوی جمعیت سلول های زنده به مرور و در نسل های آینده کاهش یافته و تقریبا ۳٪ از کل سلول های شبکه ما را سلول های زنده تشکیل می دهد. هدف ما در این تحقیق ارائه روشی به منظور جلوگیری از کاهش سریع سلول های زنده شبکه و افزایش تعداد آن ها می باشد. برای رسیدن به این هدف، به سلول ها یک امتیاز و ارزش نسبت می دهیم. مرگ سلول ها را تدریجی می کنیم و به جای شمردن تعداد همسایه های زنده مجموع امتیاز سلول ها را درنظر می گیریم. در روش پیشنهادی ما، هر سلول زنده با روبه رو شدن با شرایط مرگ از اعتبارش کاسته می شود ولی می تواند به زندگی خود ادامه دهد. اگر در نسل های آینده توانست ارزش و اعتبار خودش را پس بگیرد می تواند به زندگی خود ادامه دهد در غیر این صورت این سلول ارزش زنده ماندن را ندارد و باید بمیرد. این نوع ارزش دهی به سلول ها دارای چند مزیت به شرح زیر است:

- طول عمر سلول های زنده افزایش می یابد.
- سلول های با استعداد می توانند با شانس دوباره به زندگی برگردند.
- روند کاهشی سلول های زنده به یک روند افزایشی تبدیل می شود.

کلمات کلیدی: اتوماتای سلولی، بازی زندگی کانوی، سلول.

۱. مقدمه

اتوماتای سلولی[۱] یک مدل ریاضی است که می تواند برای محاسبات و شبیه سازی سیستم ها به کار رود. اتوماتای سلولی سیستم های ساده‌ی گسسته‌ای هستند که با قوانین ساده و محلی می توانند محاسبات و رفتارهای پیچیده ای از خود بروز دهند.

[۱] Cellular Automata

هر سلول برای خود مجموعه ای از حالات دارد که در هر لحظه با توجه به حالت خودش و همسایه ها تصمیم می گیرد که به چه حالتی برود. قوانین تغییر حالت در اتوماتای سلولی در طول کار ثابت است و تغییر نمی کند. یک اتوماتای سلولی آرایه ای است از سلول ها، که در یک همسایگی با هم در تعاملند ودارای وضعیت های مشخصی می باشند.اتوماتای سلولی با توجه به قوانینش می تواند رفتار بسیار پیچیده ای از خود بروز دهد و مشهورترین نمونه اتوماتای سلولی بازی زندگی[۱] می باشد [۴-۱۰].

۲. بازی زندگی

در سال ۱۹۷۰، ریاضیدانی به نام جان هورتن کانوی[۲] کاربردی از اتوماتای سلولی را تحت عنوان بازی زندگی مطرح کرد. بازی زندگی مشهورترین نمونه اتوماتای سلولی است [۱و ۱۰].

زندگی یک بازی بدون بازیکن است، بدین معنا که تکامل آن تنها وابسته به وضعیت و شرایط آغازین آن بوده و نیازی به عامل ورودی انسانی در مراحل بعد ندارد. بازی زندگی به بازی صفر نفره[۳] نیز معروف است.

۱.۲. قوانین بازی زندگی

بازی زندگی را می‌توان جمعیتی از ارگانیزم هایی در نظر گرفت که در طی زمان بر هم اثر می‌کنند. هر سلول می‌تواند دو حالت زنده[۴] و مرده[۵] داشته باشد. در هر مرحله هر سلول با توجه به قوانین مرگ و زندگی به محیط اطراف خود بلافاصله پاسخ می‌دهد.

قوانین این بازی عبارتند از:

قوانین مرگ سلول:

۱ .هر سلول زنده با کمتر از ۲ همسایه زنده، می‌میرد.(به دلیل کمبود جمعیت)

۲ .هر سلول زنده با بیش از ۳ همسایه زنده، می‌میرد. (به دلیل ازدحام جمعیت)

قانون تولد یا زنده شدن سلول:

هر سلول مرده با دقیقاً ۳ همسایه زنده، دوباره زنده می‌شود.

قانون ادامه حیات :

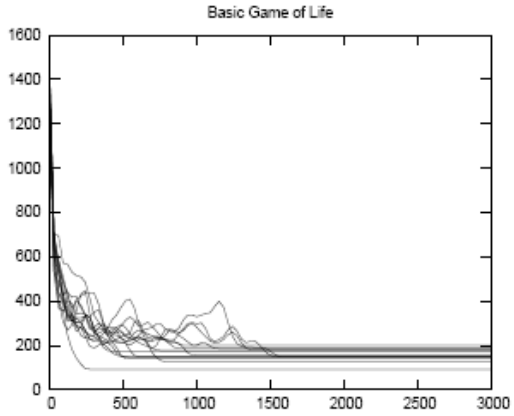
هر سلول زنده با ۲ و یا ۳ همسایه زنده، زنده می‌ماند و به نسل بعد می‌رود.

الگوی آغازین بازی به عنوان بذر سیستم به حساب می‌آید. اولین نسل در بازی با اعمال قوانین فوق بر تک تک سلول‌ها به صورت همزمان ایجاد می‌شود و در آن زاد و ولدها و مرگ و میرها اتفاق می‌افتد. این رویه تا ایجاد نسل‌های آینده ادامه می‌یابد. بدین ترتیب هر نسل تابعی از نسل ما قبل خود خواهد بود [۱و۳و۴].

یکی از اهداف اصلی کانوی طراحی مجموعه ای از قوانین اصلی برای جلوگیری از مرگ بیش از حد سلول های زنده و جلوگیری از رشد بدون کنترل جمعیت سلول های زنده آن است. البته انتظار این را داریم که یک جهان پر جمعیت به سرعت رو به مرگ می رود و از ازدیاد جمعیت آن کاسته می شود. تحقیقات و آزمایش های صورت گرفته بر روی قوانین بازی زندگی نشان دهنده کاهش جمعیت شبکه در نسل های بعدی است؛ بطوریکه ما فقط در حدود ۳٪ از سلول های شبکه را به صورت زنده خواهیم داشت [۲ و۳]. در این فصل ما روشی را ارائه خواهیم داد که از کاهش سریع سلول های زنده شبکه خواهد کاست و حتی باعث افزایش تعداد سلول های زنده آن خواهد شد.

---

[۱] Game of Life
[۲] John Horton Conway
[۳] Zero-Person Game
[۴] Live
[۵] Dead

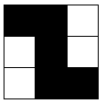


شکل۱- تعداد سلول های زنده بعد از ۳۰۰۰ نسل [۳]

۳. ارائه روشی برای جلوگیری از روند کاهشی سلول های زنده

هدف ما افزایش طول عمر سلول های زنده در هر نسل و جلوگیری از روند کاهشی آن می باشد. برای رسیدن به این هدف ما از یک روش امتیاز دهی به سلول ها استفاده می کنیم. در روش پیشنهادی ما هر سلول زنده از یک ارزش و اعتبار بالایی برخوردار می باشد و با روبه رو شدن با شرایط مرگ از اعتبارش کاسته می شود ولی سلول زنده می مانند و به زندگی خود ادامه می دهد. اگر در نسل های آینده توانست ارزش و اعتبار خودش را پس بگیرد می تواند به زندگی خود ادامه دهد در غیر این صورت این سلول ارزش زنده بودن را ندارد و باید بمیرد.

همچنین از مجموع امتیازهای همسایه هر سلول به جای تعداد سلول های زنده اطراف هرسلول استفاده می کنیم. شبکه زیر را در نظر بگیرید اگر سلول مرکزی از بین برود سلول های اطراف آن هم در نسل بعدی به دلیل تنهایی از بین می روند. بنابراین سلول مرکزی، سلول مهمی می باشد و اگر ما بتوانیم آن را حفظ کنیم سلول های همسایه آن را هم می توانیم در نسل های بعدی به صورت زنده داشته باشیم.

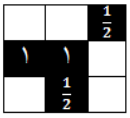


شکل ۲- سلول مرکزی با همسایه های آن

در ادامه قانون روش پیشنهادی ما برای جلوگیری از کاهش سریع سلول های زنده در شبکه را تعریف خواهیم کرد.

۱.۳. قوانین روش پیشنهادی

در قوانین پیشنهادی ما هر سلول دارای یک ارزش و اعتبار است. سلول زنده دارای ارزش ۱ و سلول مرده دارای ارزش ۰ می باشند. زمانیکه شرایط مردن یا مرگ برای یک سلول پیش آمد در ابتدا از ارزش آن کاسته می شود (یعنی ارزش سلول زنده که ۱ می باشد به $\frac{1}{2}$ تبدیل می شود) ولی هنوز سلول ما زنده است. اگر در نسل بعدی توانست ارزش خود را بدست آورد به یک سلول زنده با ارزش ۱ تبدیل می شود در غیر این صورت اعتبار $\frac{1}{2}$ هم از آن گرفته می شود. در روش مرگ تدریجی و امتیازدهی به سلول ها ما از مجموع امتیازهای همسایه های سلول در قوانین خود استفاده می کنیم. در نظریه کانوی تعداد سلول های زنده در نظر گرفته می شد ولی در این روش مجموع امتیازهای همسایه های هر سلول در نظر گرفته می شود. در شکل زیر ارزش و امتیاز سلول مرکزی در شبکه برابر با مجموع امتیاز سلول های زنده همسایه خود می باشد. در این شبکه ارزش سلول میانی برابر ۲ است.



شکل ۳- امتیازدهی به سلول ها

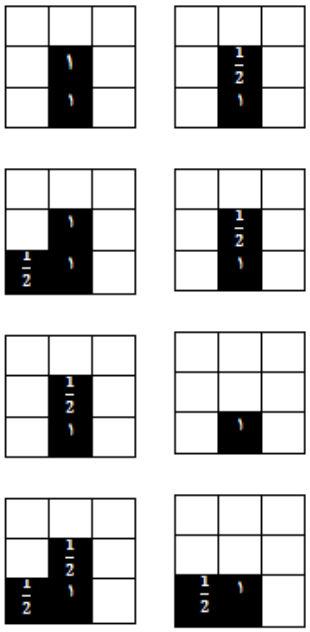
قوانین شبکه را به این صورت تعریف می کنیم.

*:در همه شکل ها، سلول مرکزی مورد نظر می باشد و قوانین بر روی آن اعمال شده است و ارزش هر سلول در داخل آن نوشته می شود.

قوانین مرگ سلول در روش پیشنهادی:

۱ .هر سلول زنده با کمتر از ۲ امتیاز در همسایگی خود می میرد. (به دلیل کمبود جمعیت)

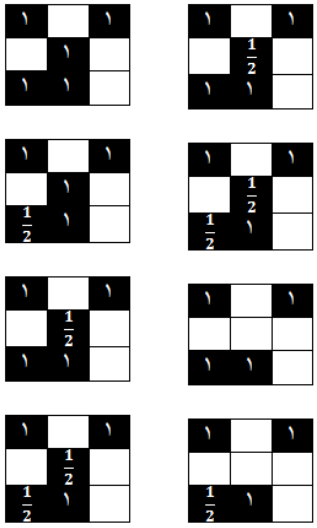
- اگر ارزش سلول زنده ما ۱ باشد به $\frac{1}{2}$ تبدیل می شود ولی هنوز زنده می ماند.
- اگر ارزش سلول زنده ما $\frac{1}{2}$ باشد به ۰ تبدیل می شود و می میرد.



شکل ۴- قوانین مرگ سلول به دلیل کمبود جمعیت

۲ .هر سلول زنده با بیش از ۳ امتیاز در همسایگی خود می‌میرد. (به دلیل ازدحام جمعیت)

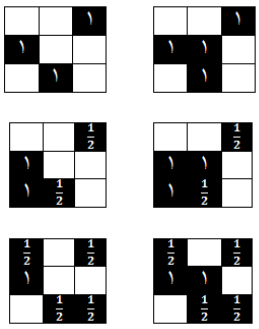
- اگر ارزش سلول زنده ما ۱ باشد به $\frac{1}{2}$ تبدیل می شود ولی هنوز زنده می ماند.
- اگر ارزش سلول زنده ما $\frac{1}{2}$ باشد به ۰ تبدیل می شود و می میرد.



شکل۵- قانون مرگ سلول به دلیل ازدحام جمعیت

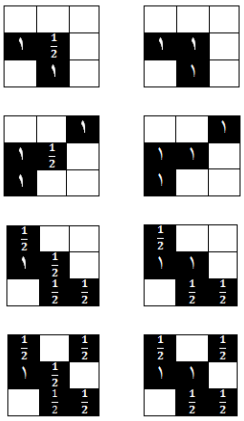
قانون تولد یا زنده شدن سلول:

هر سلول مرده با دقیقاً ۳ امتیاز در همسایگی خود دوباره زنده می‌شود.



شکل۶- قانون زنده شدن سلول مرده

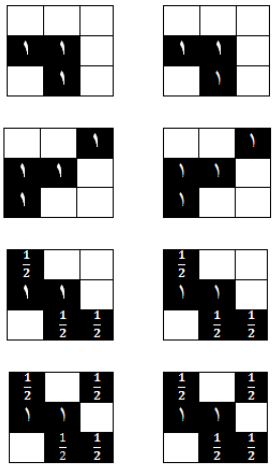
هر سلول که با شانس دوباره یا ارزش $\frac{1}{2}$ زنده می باشد اگر مجموع امتیاز همسایگی آن ۲ تا ۳ باشد نیز به یک سلول زنده با ارزش ۱ تبدیل خواهد شد(زیرا توانسته شرایط لازم برای زندگی را بدست آورد).



شکل۷- قانون زنده شدن سلول مرده

قانون ادامه حیات :

هر سلول زنده با ۲ تا ۳ امتیاز در همسایگی خود ، زنده می‌ماند و به نسل بعد می‌رود.



شکل ۸- ادامه حیات

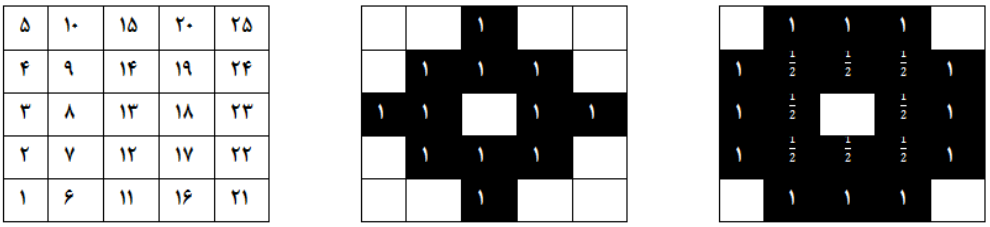
در ادامه قوانین را بر روی یک شبکه توضیح می دهیم. برای این منظور شبکه ای با ۲۵ سلول در نظر می گیریم. سلول های شبکه را مانند شکل ۹-الف زیر شماره گذاری می کنیم. شکل ۹-ب، شبکه مورد نظر ما در نسل حال می باشد که می خواهیم شبکه را در نسل بعدی بدست آوریم(شکل ۹-ج).

سلول های ۱، ۵، ۲۱ و ۲۵ در نسل حال مرده و در نسل بعدی نیز یک سلول مرده هستند چون مجموع امتیاز همسایه های آن ها کمتر از ۳ می باشد.

سلول های ۳، ۱۱، ۱۵، ۲۳ در نسل کنونی زنده هستند و مجموع امتیازهای همسایه آن ها ۳ می باشد در نسل بعدی هم یک سلول زنده با امتیاز ۱ می باشند.

سلول های ۷، ۸، ۹، ۱۲، ۱۴، ۱۷، ۱۸و ۱۹ در نسل حال زنده هستند ولی چون مجموع امتیاز همسایه های آن ها بیشتر از ۳ می باشد به دلیل تراکم جمعیت با مرگ روبرو می شوند. بنابراین امتیاز آن ها کم می شود ولی زنده می مانند.

سلول های ۲، ۴، ۶، ۱۰، ۱۶، ۲۰، ۲۲ و ۲۴ در نسل کنونی مرده هستند ولی چون شرایط زنده شدن را دارند در نسل بعدی با امتیاز ۱ متولد می شوند.



شکل ۹- عملکرد شبکه با قوانین پیشنهادی

۴. نتایج به دست آمده

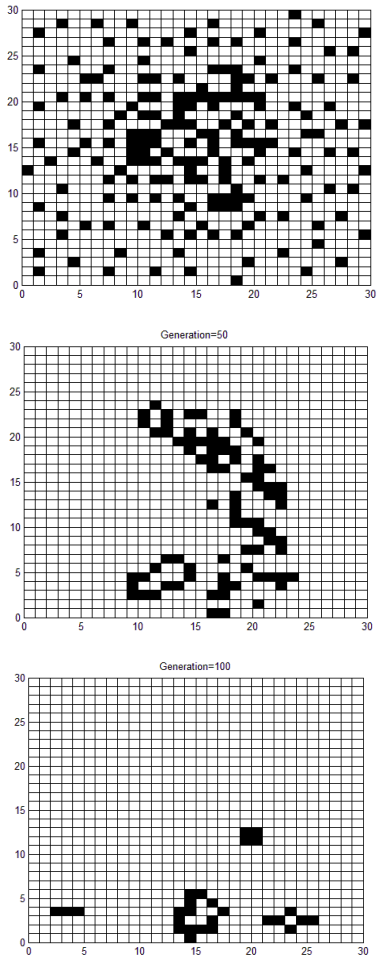
شروع بازی زندگی با انتخاب مجموعه ای از سلول های زنده و به صورت تصادفی می باشد. این آزمایش بر روی یک شبکه ۳۰ × ۳۰ صورت گرفته است. این شبکه با این ابعاد دارای ۹۰۰ سلول می باشد. آزمایش بر روی شبکه هایی با تعداد سلول های زنده متفاوت انجام شده است. در ابتدا ۲۰٪ از سلول های شبکه یعنی ۱۸۰ سلول را به صورت تصادفی به سلول زنده تبدیل کرده ایم و سپس این آزمایش را بر روی شبکه هایی با ۴۰٪ و ۶۰٪ سلول های زنده در شبکه نیز تکرار کرده ایم. نتایج حاصل با نتایج عملکرد این شبکه ها با مجموعه قوانین بازی زندگی کانوی بررسی شده است.

در ادامه نحوه عملکرد نظریه بازی زندگی کانوی و روش پیشنهادی را بر روی شبکه ها را نشان داده و سپس به تحلیل دو مجموعه قوانین می پردازیم.

۱.۴. نمایش تغییر نسل ها در هر دو نظریه

عملکرد مجموعه قوانین بازی زندگی

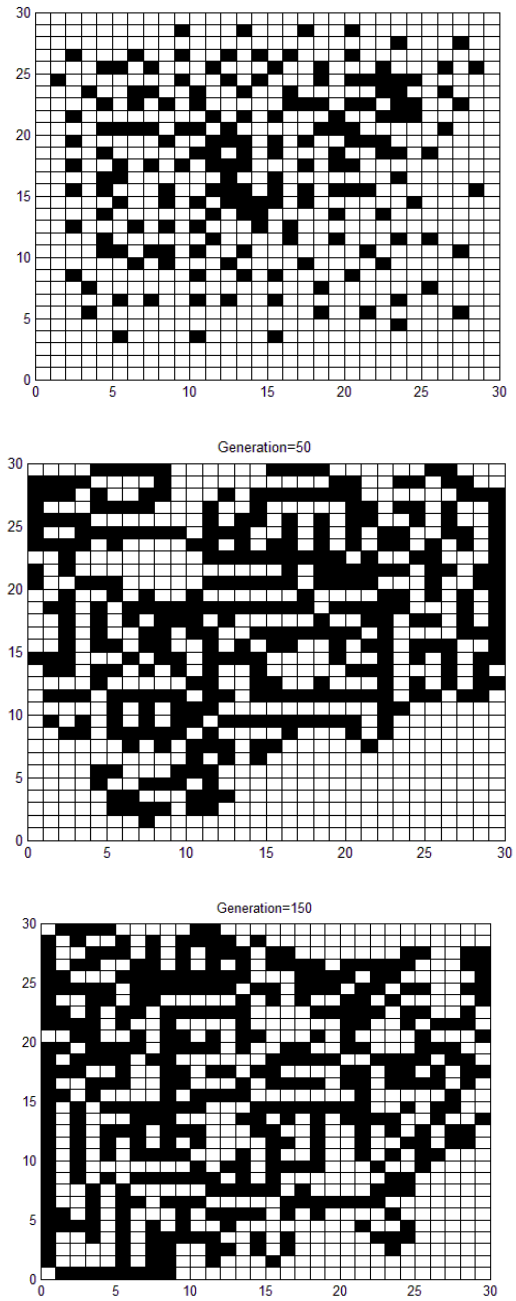
در نظریه کانوی جمعیت شبکه ها در نسل های آینده کاهش می یابد و در نهایت جمعیت شبکه به الگوهای ثابت و یا تکراری تبدیل می شوند.



شکل ۱۰- شبکه با قوانین بازی زندگی در نسل های ۵۰ و ۱۰۰

عملکرد مجموعه قوانین پیشنهادی

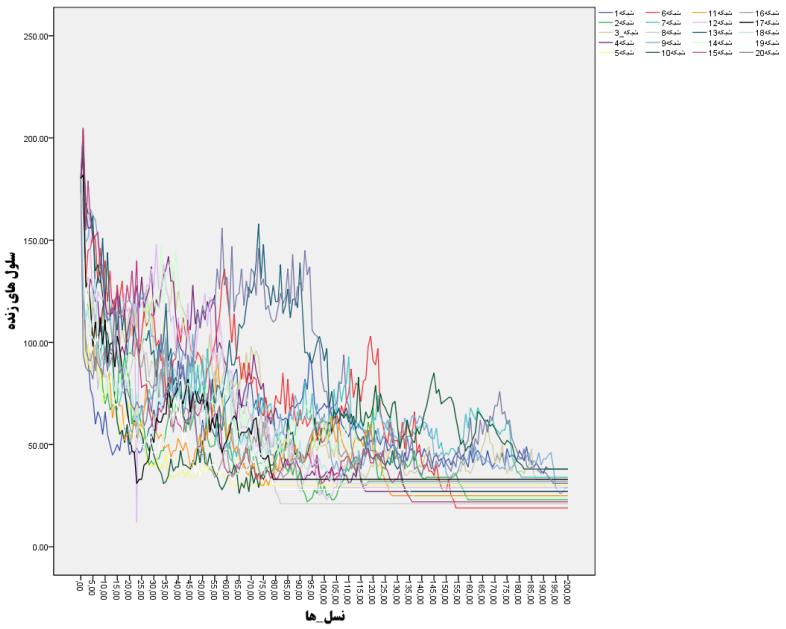
مجموعه قوانین پیشنهادی با مرگ تدریجی، جمعیت شبکه ها در نسل های آینده افزایش می یابد و تقریبا نیمی از سلول های شبکه به سلول های زنده تبدیل می شود.



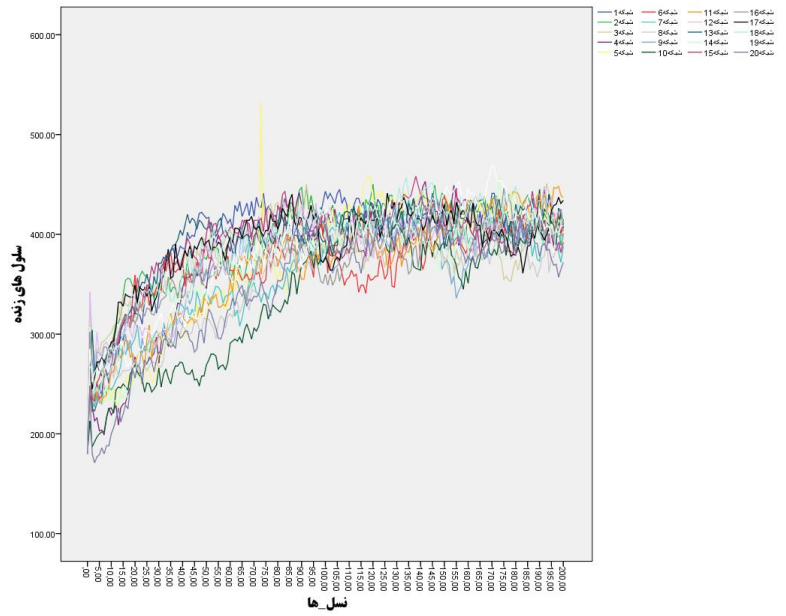
شکل ۱۱- شبکه با قوانین مرگ تدریجی در نسل های ۵۰ و ۱۵۰

۲.۴. شبکه هایی با ۲۰٪ سلول زنده

۲۰ شبکه با تعداد ۱۸۰ سلول زنده را با هر دو نظریه کانوی و روش پیشنهادی امتحان کردیم. نتایج حاصل نشان دهنده این است که تعداد سلول های زنده این شبکه ها با نظریه کانوی کاهش یافته و در نهایت در حدود ۳٪ سلول زنده در شبکه باقی می ماند. عملکرد این شبکه ها با روش پیشنهادی رفتار دیگری از خود نشان می دهند. در این شبکه ها شاهد افزایش جمعیت سلول های زنده بعد از ۲۰۰ نسل هستیم. این افزایش جمعیت سلول های زنده در حدود ۴۵٪ سلول های شبکه می باشد. در ادامه نحوه تغییر سلول های شبکه با هر دو نظریه در ۲۰۰ نسل نشان داده شده است.



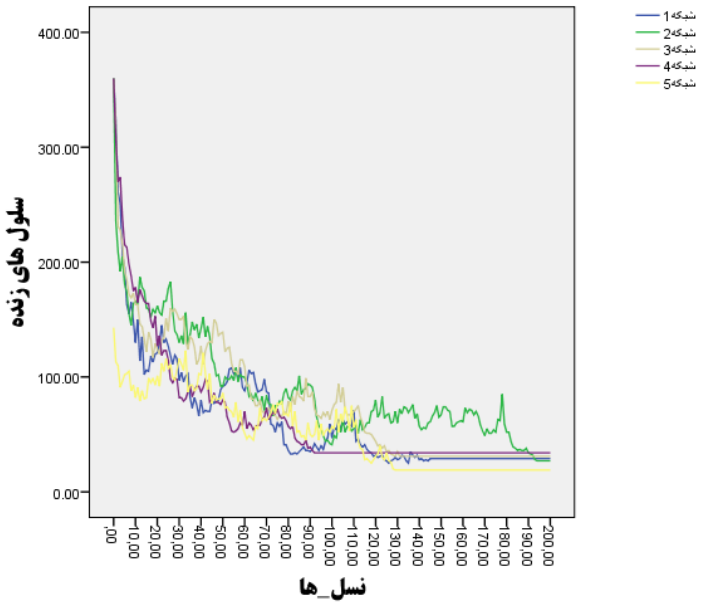
شکل ۱۲- شبکه ها ی با۲۰٪ سلول زنده بعد از ۲۰۰ نسل در بازی زندگی



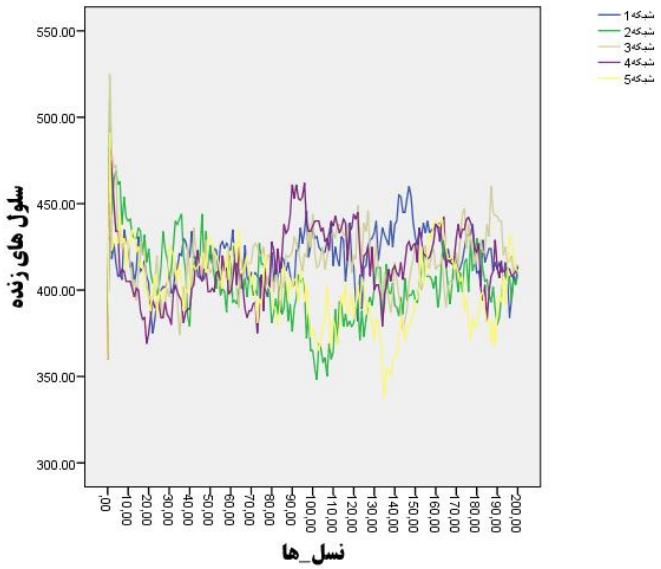
شکل۱۳- شبکه ها ی با۲۰٪ سلول زنده بعد از ۲۰۰ نسل در مرگ تدریجی

۳.۴. شبکه هایی با ۴۰٪ سلول زنده

شبکه هایی با تعداد ۳۶۰ سلول زنده را با هر دو نظریه کانوی و روش مرگ تدریجی امتحان کردیم. نتایج حاصل نشان دهنده این است که تعداد سلول های زنده این شبکه ها با نظریه کانوی کاهش یافته و در نهایت در حدود ۳٪ سلول زنده در شبکه باقی می ماند. در عملکرد این شبکه ها با روش پیشنهادی شاهد افزایش جمعیت سلول های زنده بعد از ۲۰۰ نسل هستیم. این افزایش جمعیت سلول های زنده در حدود ۴۵٪ سلول های شبکه می باشد. در ادامه نحوه تغییر سلول های شبکه با هر دو نظریه در ۲۰۰ نسل نشان داده شده است.



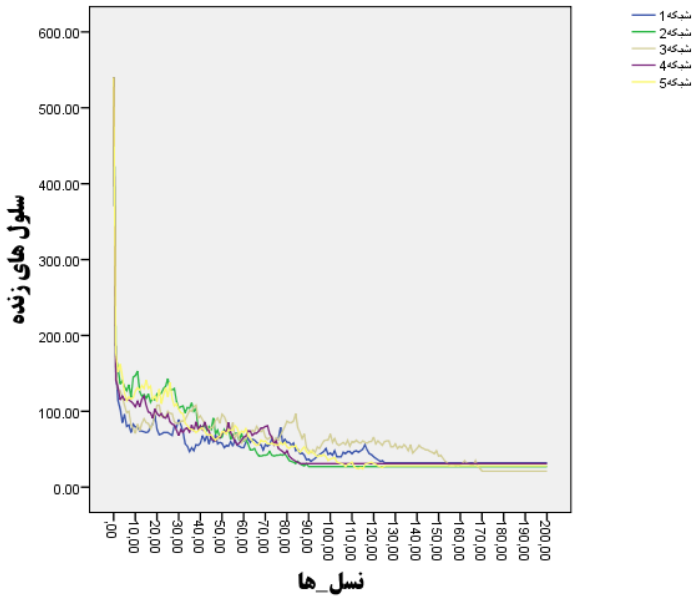
شکل ۱۴- شبکه ها ی با۴۰٪ سلول زنده بعد از ۲۰۰ نسل در بازی زندگی



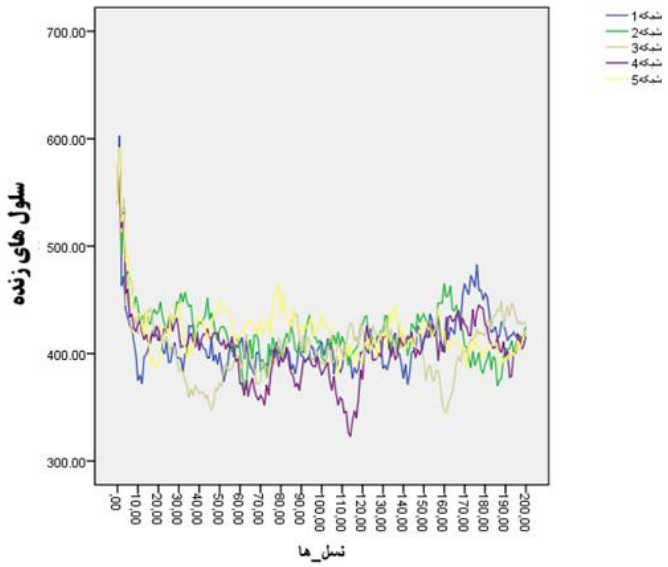
شکل ۱۵- شبکه ها ی با۴۰٪ سلول زنده بعد از ۲۰۰ نسل در مرگ تدریجی

۴.۴. شبکه هایی با ۶۰٪ سلول زنده

در شبکه هایی با تعداد ۵۴۰ سلول زنده هر دو مجموعه قوانین را آزمایش کردیم. مجموعه قوانین بازی زندگی با کاهش شدید سلول های زنده شبکه همراه بود ولی در مجموعه قوانین مرگ تدریجی، هر چند کاهش جمعیت داشتیم ولی این کاهش بسیار کم می باشد و ما همچنان شبکه ای با نیمی از سلول های زنده داریم. در ادامه نحوه تغییر سلول های شبکه با هر دو نظریه در ۲۰۰ نسل نشان داده شده است.



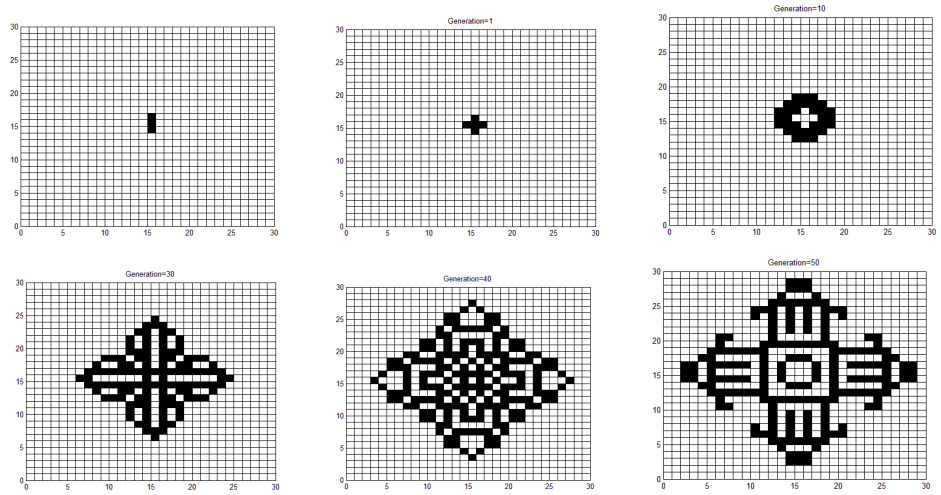
شکل ۱۶- شبکه ها ی با ۶۰٪ سلول زنده بعد از ۲۰۰ نسل در بازی زندگی



شکل ۱۷- شبکه ها ی با ۶۰٪ سلول زنده بعد از ۲۰۰ نسل در مرگ تدریجی

۵.۴. ایجاد الگوهای جالب با قوانین مرگ تدریجی

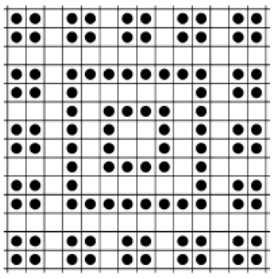
مجموعه قوانین مرگ تدریجی که با ارزش دهی به سلول ها همراه است نیز می تواند تولید کنند الگوهای جالب باشد. در ادامه یک نمونه از این الگوها نمایش داده شده است.



شکل ۱۸- الگوهای جالب با قانون مرگ تدریجی

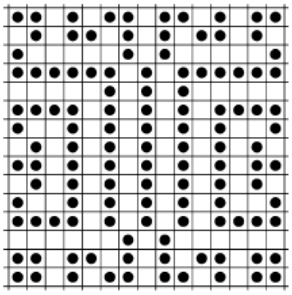
۶.۴. ساختار بهینه روش پیشنهادی

می توان سلول های زنده را در شبکه طوری قرار داد که شبکه ما به یک شبکه بهینه تبدیل شود یعنی دارای بیشترین تعداد سلول زنده باشد . در زیر دو نمونه شبکه بهینه با بازی زندگی کانوی نشان داده شده است. نمونه اول نشان دهنده شبکه ای با اندازه ۱۴ در ۱۴ می باشد که تعداد سلول های زنده آن ۱۰۴ و در شبکه دوم که اندازه آن ۱۵ در ۱۵ می باشد ۱۱۹ سلول زنده می تواند وجود داشته باشد.



optimal size-14 still-Life
(value = 104)

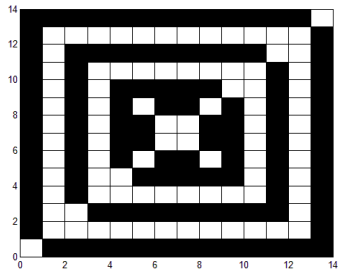
Figure 4.



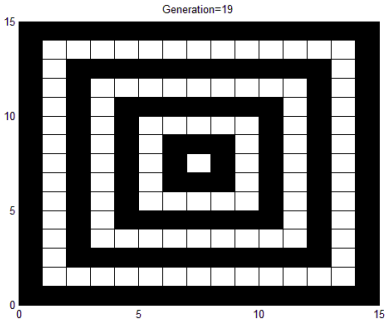
optimal size-15 still-Life
(value = 119)

شکل ۱۹- شبکه های بهینه [۱۱]

و در روش پیشنهادی ما تعداد سلول های زنده ای که در شبکه می‌تواند وجود داشته باشد افزایش می یابد. برای مثال در شبکه ۱۴در ۱۴ تعداد سلول های زنده برابر ۱۱۰ و در شبکه ۱۵ در ۱۵ برابر ۱۲۸ می باشد.



شکل ۲۰- تعداد سلول زنده در شبکه ۱۴ در ۱۴



شکل ۲۱- تعداد سلول زنده در شبکه ۱۵ در ۱۵

۵. نتیجه گیری

امروزه با اتوماتای سلولی می توان بسیاری از مسائل را شبیه سازی نمود [۱۲و ۱۳و ۱۴] بنابراین طراحی مجموعه ای از قوانین اصلی برای جلوگیری از مرگ بیش از حد سلول های زنده و جلوگیری از رشد بدون کنترل جمعیت سلول های زنده در شبکه دارای اهمیت فراوانی است. برای جلوگیری از کاهش شدید جمعیت ما مرگ تدریجی سلول ها، امتیاز دهی به سلول ها و در نظر گرفتن مجموع امتیاز سلول های زنده در همسایگی هر سلول را پیشنهاد می کنیم. با استفاده از این قوانین نتایج زیر حاصل شده است.

- طول عمر سلول های زنده شبکه افزایش می یابد.
- سلول های با استعداد می توانند با شانس دوباره به زندگی برگردند.
- با هر تعداد سلول های زنده در شبکه، در حدود ۴۵٪ سلول زنده در شبکه خواهیم داشت.
- می تواند الگوهای جالب تولید کند.
- و ساختار بهینه آن دارای تعداد سلول های زنده بیشتری می باشد.

۶. مراجع

1. Martin Gardner, ‘MATHEMATICAL GAMES The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game "life"’. Scientific American 223 (October 1970): 120-123.

2. David Hua and Martin Pelikan:’ Variations on Conway’s Game of Life and Other Cellular Automata’. research Paper Presented to the Students and Teachers as Research Scientists Program at the University of Missouri-St. Louis Sponsored by LMI Aerospace, Inc./D3 Technologies and The Solae Company,July 2012.

3. Roland M¨uhlenbernd and Simon Schulz:’ The Game of Life, Decision and Communication. Natural Science, 2014, 6, 1093-1102. DOI: 10.4236/ns.2014.613097

4. Gian Marco Todesco: Cellular Automata: the Game of Life, Digital Video S.r.l., Rome (Italy) .Emmer M. (Ed.): Imagine Math 2. Between Culture and Mathematics. DOI 10.1007/978-88-470-2889-0 25 , springer-Verlag Italia 2013.

5. Stephen wolfram,:Computation Theory of Cellular Automata.Commun.math.phys.96,15-57. springer-Verlag Italia 1984.

6. Stephen wolfram,: Cellular Automata. Los Alamos Sciellce, volume 9, pages 2-21 (1983).

7. wolfram, ElementaryCellularAutomaton:

http://mathworld.wolfram.com/ElementaryCellularAutomaton.htm. Accessed 20 June 2014.

8. Stephen wolfram,:Random Sequence Generation by Cellular Automata. Advances in Applied Mathematics, 7, pp. 123-169, 1986.

9. Stephen wolfram :Universality and Complexity in Cellular Automata, Physica D. 10. pp. 1-35. 1984.

10. Jean-Philippe Rennard Ph.D 12/2000: Introduction to Cellular automata.

11. ROBERT BOSCH, Constraint Programming and Hybrid Formulations for

Three Life Designs. Kluwer Academic Publishers. Manufactured in The Netherlands , Annals of Operations Research 130, 41–56, 2004

12. Xingyuan Wang, Canqi Jin,: Image encryption using Game of Life permutation and PWLCM chaotic system. Optics Communications 285 (2012) 412–417 , Elsevier B.V. All rights reserved. doi:10.1016/j.optcom.2011.10.010.

13. Peer M. A., Fasel Qadir, Khan K. A. Investigations of Cellular Automata Game of Life Rules for Noise Filtering and Edge Detection. I.J. Information Engineering and Electronic Business, 2012, 2, 22-28 .IEEE,DOI: 10.5815/ijieeb.2012.02.04.

14. Krisda Khankasikam, Senior Member, IACSIT, A Combined Genetic Algorithm and Conway's Game of Life for Printed Lanna Character Recognition. International Journal of Computer Theory and Engineering, Vol. 5, No. 4, August 2013. DOI: 10.7763/IJCTE.2013.V5.769.