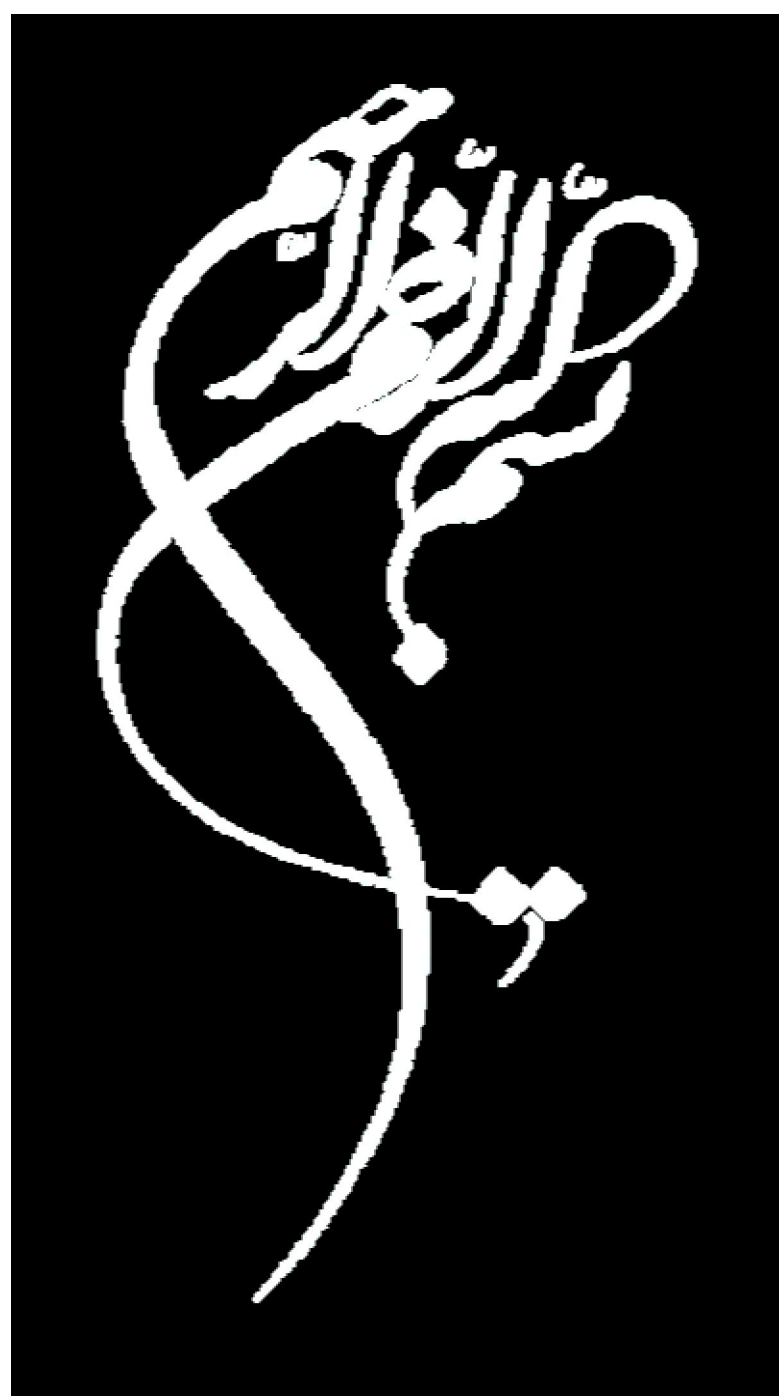




اتوماتای سلولی

و

پویایی جمعیت

مقدمه

بسیاری از محققان کارهای پویایی جمعیت را در مورد انواع آفات حشره ای برای پیش بینی ظهور آنها انجام داده اند. روش هایی که آنها در این تحقیقات استفاده کرده اند عبارتند از:

1. مدل ریاضیات

- مدل Logistic توسط (Shen et al., 1985; Cui et al., 1998) و (Paul et al., 2004; Baumgartner, et al., 1998).

- مدل ماتریکس توسط (Leslie, 1945) و (Pang et al., 1980; Xu et al., 1981)

- معادله ریاضی توسط (zhang et al., 2001) و ...

2. تکنولوژی GIS (Geographic Information System)

3. مدل سازی سیستم پیچیده

- شبکه های عصبی مصنوعی

- عامل های هوشمند

- Cellular automata: اتوماتای سلولی کاربرد های گسترده ای را در سایر زمینه ها، از جمله شبیه سازی جریان ترافیک (Zhou et al., 2005)، تغییر استفاده از زمین (Fang et al., 2005) و نیز در شبیه سازی حمله آفات حشره ای گیاهی و جنگل دارد. Cole V مدلی با استفاده از GIS و اتوماتای سلولی برای شبیه سازی حمله به بوته را بنا نهاد. آن یک مدل پارامترها تصادفی است و گونه ها معلوم نیستند است، بنابراین این مدل سازگاری جهانی دارد. (Cole et al., 1999). ZhouG انتشار کرم ابریشم باف ناجور توسط اتوماتای سلولی را شبیه سازی کرد چهار روش مختلف برای اجرای مدل اتوماتای سلولی استفاده شد نتیجه نشان می دهد که اثر مدل معکوس وزنی فاصله دقیق تر است.

مقایسه با روش های دیگر

مدل ریاضی می تواند تغییر کمی را به خوبی بیان کند، اما تغییر فضایی آفات حشره ای نمی تواند توسط آن بیان شود. در حالی که این مشکل می تواند با فن آوری استفاده از GIS حل شود. GIS در بیان فضا خوب است، اما تغییر کمی نمی تواند به خوبی در آن توصیف شود، همراه با geo-statistic تغییر کمی می تواند توصیف شود در حالی که تغییر، یک تغییر فضایی و زمانی است که برای بیان کردن این روش سخت است. مدل سازی سیستم های پیچیده می توانند سیستم پیچیده را به دقت شبیه سازی کنند و استفاده از آن آسان است. اما شبکه های عصبی مصنوعی نیز نمی تواند تغییر فضایی را بیان کنند، و عامل هوشمند توجه بیشتری را بر روی رفتار عامل معطوف می کند، ارتباط بین عامل و تجربه، عامل و عامل به خوبی بیان نشده است.

چرا CA؟

شبیه سازی سیستم های پیچیده نیازمند معادلات پیچیده می باشد. ارائه معادلات پیچیده نیازمند شناخت قوانین و وجود دانش کامل در مورد سیستم مورد بررسی است. بهتر است از معادلات پیچیده برای توصیف یک سیستم پیچیده استفاده نشود و بجای آن پیچیدگی در قالب تعامل بین قوانین ساده بررسی گردد.

ایده : استفاده از تعاملات ساده بین سلولها در آتوماتای سلولی برای شبیه سازی سیستمهای پیچیده

آتوماتای سلولی و پیشینه تحقیقاتی

آتوماتای سلولی در واقع یک مدل گسسته ریاضی است که در زمینه های مختلفی همچون تئوری محاسبات، ریاضیات، فیزیک و ... کاربرد دارد.

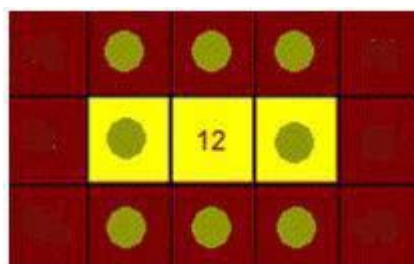
اصطلاح Automata برای اولین بار در دهه 1930 توسط ریاضیدان انگلیسی، آلن تورینگ ارائه شد.

آتوماتای سلولی در اواخر دهه 1940 توسط John von Neumann مطرح و پس از او توسط ریاضیدانی بنام Ulam به عنوان مدلی برای بررسی رفتار سیستم‌های پیچیده پیشنهاد شد.

بعدها یک ریاضیدان، در دانشگاه کمبریج این مفهوم را توسعه داد که نظریه او به نام بازی زندگی مشهور شد.

بازی زندگی

مبنای این بازی زندگی براساس تئوری ماشینهای سلولی است و برای اکثر دانشمندان کامپیوتر در رابطه با حیات مصنوعی مورد توجه قرار گرفته است. الگوهای ایجاد شده از بازی زندگی تا حدودی می تواند تقلیدی از رشد جمعیتی، از سلول ها یا ترکیبات موجودات زنده باشد. بازی زندگی یک بازی مرسوم که نیاز به هوش و درایت خاصی داشته باشد نیست. در این بازی با استفاده از قوانین هر چیزی را که قرار است بعدا اتفاق بیفتد را تشخیص می دهیم. در بازی زندگی، در هر سلول ما دو حالت داریم، یا آن سلول زنده است یا مرده است که بستگی به همسایه های آن دارد. در مدل دو بعدی، هشت همسایه اطراف سلول جاری را در نظر می گیریم

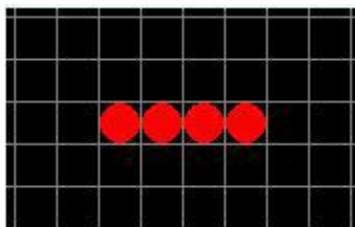


مانند هر بازی این بازی نیز دارای قوانینی است که نحوه بازی را بیان می کند. قوانین این بازی عبارتند از:

- 1- یک سلول غیر فعال(مرده) احاطه شده با سه سلول فعال، فعال می شود.
- 2- یک سلول فعال احاطه شده با دو یا سه سلول فعال، فعال می ماند.
- 3- در سایر موارد سلول بسته به حالت قبلی که داشته است، می میرد یا غیر فعال می ماند.

برای درک بهتر بازی زندگی به معرفی یک مثال دو بعدی از بازی زندگی می پردازیم.

فرض کنیم حالت به صورتی باشد که در شکل زیر نشان داده شده است:



برای انجام بازی همسایه های زنده هر سلول را در هر محاسبه و درون خانه های جدول قرار می دهیم .
همسایه های یک سلول در این بازی از مدل مور پیروی می کند . بنابراین شکل مورد نظر به صورت زیر است:

0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	2	3	3	2	1	0
0	1	1	2	2	1	1	0
0	1	2	3	3	2	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0

حال اگر قوانین بازی زندگی را بر روی شکل فوق اعمال کنیم حالت دوم به شکل زیر خواهد بود.

0	0	1	2	2	1	0	0
0	0	2	3	3	2	0	0
0	0	3	5	5	3	0	0
0	0	2	3	3	2	0	0
0	0	1	2	2	1	0	0

همانطور که در شکل مشاهده می شود هر سلول با توجه به هشت سلول مجاورش با توجه به قوانین بازی دارای یکی از وضعیتهای فعال یا غیر فعال می باشد.

اگر یک بار دیگر قوانین بازی را اعمال کنیم شکل بدست آمده در نسل سوم به صورت زیر است:

0	0	1	2	2	1	0	0
0	1	2	2	2	2	1	0
0	1	2	5	5	2	1	0
0	1	2	2	2	2	1	0
0	0	1	2	2	1	0	0

بازی زندگی مثالی از طبقه مخصوصی از اتوماتای سلولی است که اصطلاحاً اتوماتای سلولی کلی یا متمرکز نامیده می شود که در آن مقدار هر سلول با توجه به حالات سلول های همسایه اش در حالت قبلی بستگی دارد. اتوماتای بازی زندگی از خواص مهم محاسبات عمومی محسوب می شود.

گواه این مطلب استفاده از این اتوماتا در سیم کشی مدارات کامپیوترهای دیجیتال است.

نامهای دیگر اتوماتای سلولی عبارتند از:

cellular structures

homogeneous structures

tessellation structure

iterative arrays

اتوماتای سلولی سیستم ساده گسسته ای می باشد که علیرغم داشتن قوانین ساده میتواند محاسبات و رفتارهای بسیار پیچیده ای را شبیه سازی کند.

در اتوماتای سلولی هر سلول حالات مختلفی دارد که بسته به حالات خودش و همسایگانش در هر مرحله تعیین میشود.

با توجه به حالاتی که سلولها می توانند به خود بگیرند اتوماتای سلولی میتواند یک بعد، دو بعد، یا چند بعدی باشد.

ویژگی ها

به طور کلی میتوان ویژگیهای اتوماتای سلولی را به موارد زیر خلاصه کرد :

فضای گسسته

زمان گسسته

محدودیت تعداد وضعیتهای ممکن هر سلول

یکسان بودن تمام سلولها

قطعی بودن قوانین

وابستگی قانون در هر سلول به مقادیر سلولهای اطراف آن و وابستگی قانون به مقادیر تعداد محدودی از مراحل قبل همسایه ها و خود سلول می باشند.

کاربرد

اتوماتای سلولی کاربرد های گسترده ای را در سایر زمینه ها از جمله در:

شبیه سازی جریان ترافیک، شبیه سازی حمله آفات حشره ای گیاهی و جنگلی

شبیه سازی رفتار گاز ها، شبیه سازی فرآیند تراوش، شبیه سازی نحوه انتشار آتش سوزی در جنگل

شبیه سازی و مطالعه توسعه مناطق شهری، شبیه سازی پردازش آریستالیزاسیون

مفهوم کامپیوترهای موازی بزرگ و حجیم، تولید اشکال گرافیکی

پردازش تصویر، شبیه سازی پدیده های شیمی و فیزیک

طراحی الگوریتمهای محاسباتی، شبیه سازی ماشینهای پردازش موازی

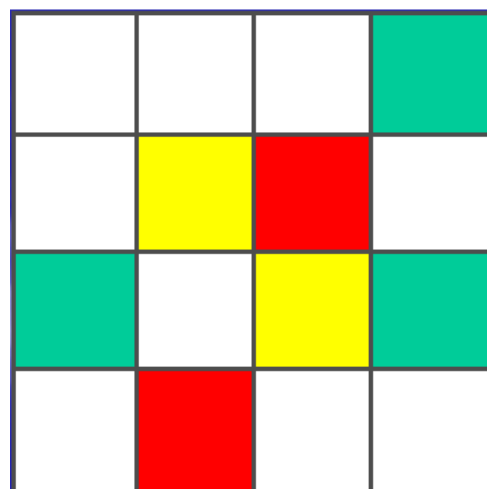
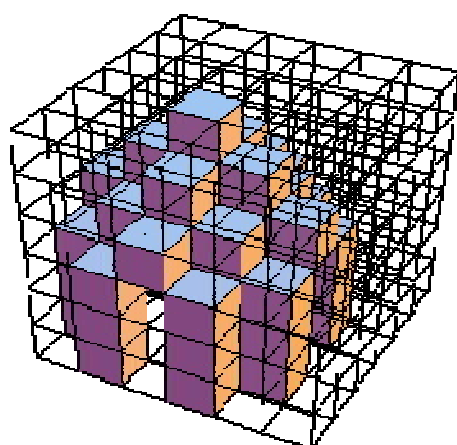
مفاهیم اساسی در یک اتوماتای سلولی

سلول، حالت، شبکه، تغییر و تحول (گسسته از لحاظ زمانی)، همسایگی، قوانین تغییر حالت، وضعیت اولیه

سلول

اصلی ترین مولفه اتوماتای سلولی می باشد.

سلولها را می توان بعنوان حافظه هایی که وضعیت را ذخیره می کنند در نظر گرفت. معمولا حالت سلولها بطور همزمان بر اساس قوانین انتقال به روز رسانی می گردد.



حالت

حالات می توانند وضعیت، عدد، رنگ و ... باشند.

تعداد حالاتی که یک سلول می تواند داشته باشد متناهی است.

شبکه

اتوماتای سلولی شامل شبکه ای از سلولها است.

ابعاد شبکه یک مقدار متناهی است (یک بعدی، دو بعدی، سه بعدی و ...)

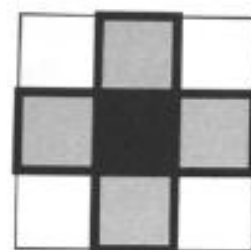
سلول همسایه

همسایه هر سلول، سلولهای مجاور آن هستند که با آن سلول تعامل دارند. یک سلول، همسایه سلول دیگر گفته میشود اگر بتواند آن سلول را در یک مرحله و براساس قانون حاکم تحت تاثیر قرار دهد.

برای سلولهای همسایه مدلهای مختلفی ارایه شده است. که مهمترین مدلهای آن برای اتوماتای دو بعدی عبارتند از :

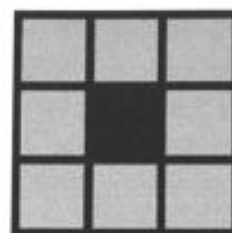
مدل نیومن

در این مدل برای هرسلول همسایه ها شمالی، غربی، جنوبی و شرقی آن سلول هستند.



مدل مور

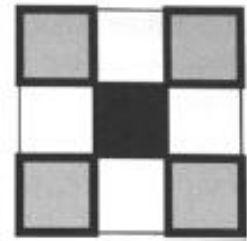
در این مدل همسایه های یک سلول به شکل زیر می باشند:



مدل نیومن تغییر داده

این مدل مشابه مدل مور است با این تفاوت که همسایه های شرقی ، غربی،

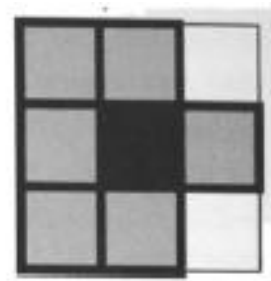
جنوبی، شمالی سلول در نظر گرفته نمی شود. مانند شکل :



مدل نامتقارن

در این مدل همسایه های یک سلول به شکل نامتقارن در نظر گرفته می شوند.

که در شکل آورده شده است.

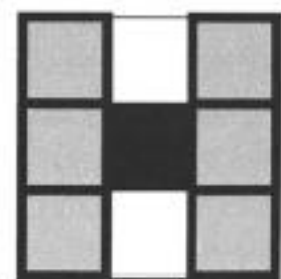


مدل H

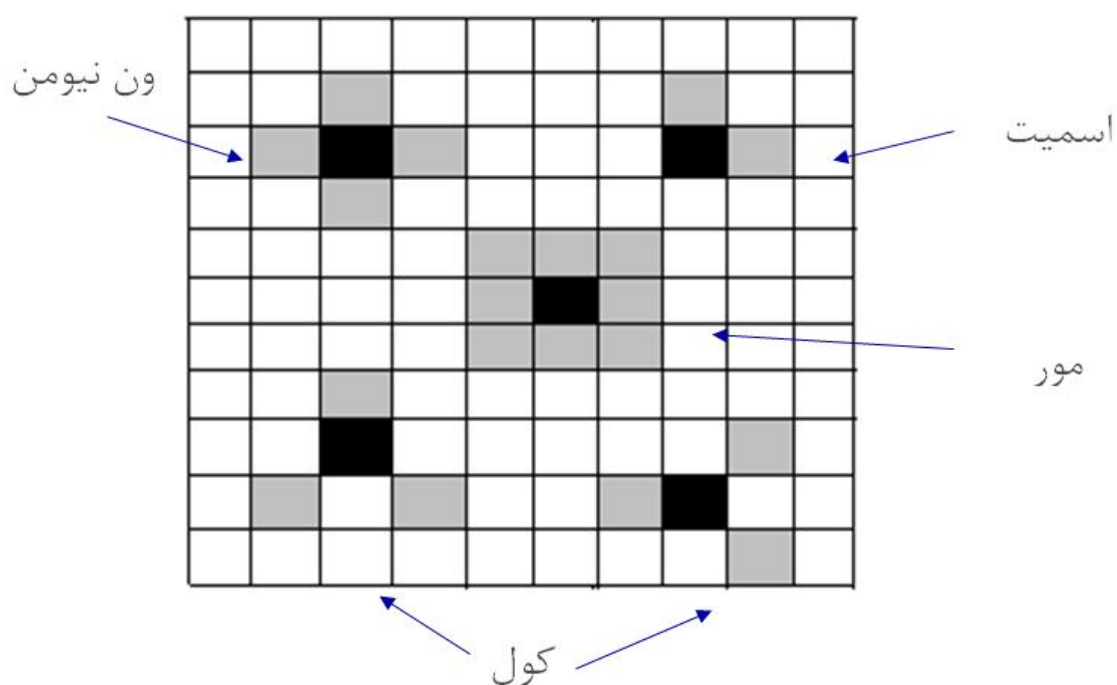
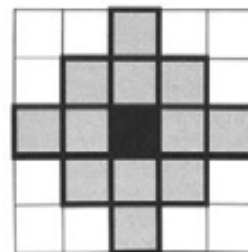
در این مدل همسایه های یک سلول طوری در نظر گرفته می شوند، که تشکیل دهنده حرف H هستند. در

واقع مشابه مدل مور است که همسایه های جنوبی و

شمالی سلول در نظر گرفته نمی شود. مانند شکل :



مدل **MvN** در این مدل همسایه های یک سلول مانند شکل در نظر گرفته می شوند:



قوانین تغییر حالت

در آتوماتای سلولی زمان گسسته است و در هر مرحله هر سلول، وضعیت جدید خود را با در نظر گرفتن حالت همسایه های مجاور خود بر اساس یکسری از قوانین بدست می آورد.

قانونها به سه دسته قابل تقسیم می باشند:

1- قانون عمومی: در این قانون مقدار یک سلول در مرحله بعدی، به مقدار تک تک سلولهای همسایه در حالت فعلی وابسته است.

2- قانون totalistic: در این قانون مقدار یک سلول در مرحله بعدی، به تعداد سلولهای همسایه که در حالت‌های مختلف می باشند، وابسته است. در این نوع قانون برخلاف قانون عمومی، توجه ای به تک تک سلولها نمی شود.

3- قانون outer totalistic: تنها تفاوتی که این قانون با totalistic دارد در این است که در تعیین حالت بعدی سلول، حالت فعلی نیز موثر است.

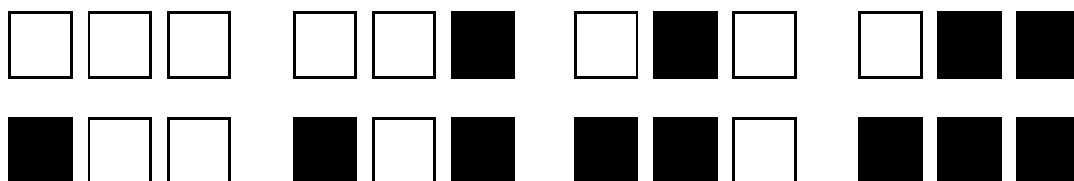
مثال: آتوماتای سلولی ابتدائی (یک بعدی)

در این اتوماتا هر سلول دارای دو حالت صفر یا یک می باشد.

همسایه های هر سلول دو سلول کناری آن می باشند.

هر سلول به همراه دو همسایه کناری آن می توانند هشت مقدار مختلف داشته باشند.

هر سلول با توجه به وضعیت فعلی خود و دو همسایه اش یکی از حالات زیر را خواهد داشت:



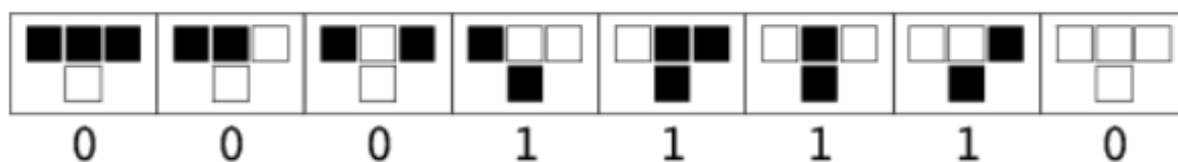
مثال: آتوماتای سلولی ابتدائی (یک بعدی)

هر سلول در مرحله بعد می تواند دارای یکی از دو حالت صفر یا یک باشد.

به ازای هشت نوع همسایگی مختلف چندین نوع آتوماتای سلولی یک بعدی می توانیم داشته باشیم.

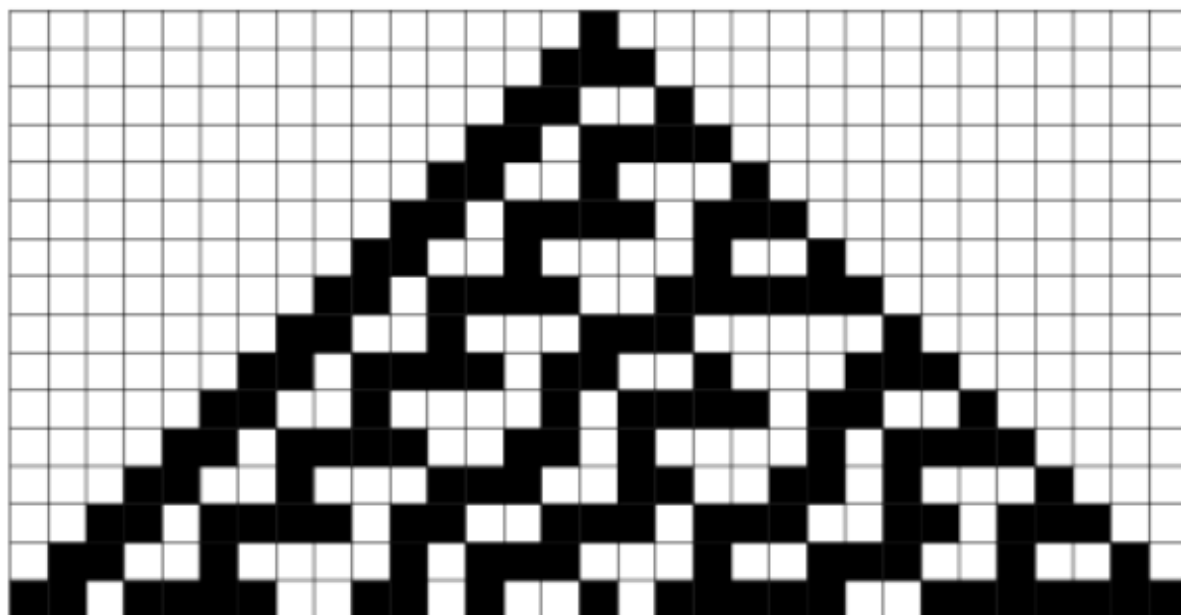
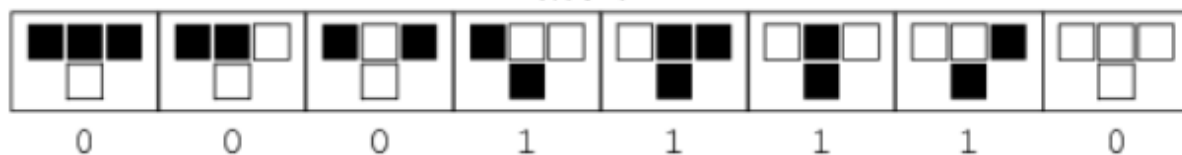
هر کدام از این آتوماتاها دارای قانون خاص خود می باشند.

شماره گذاری قانونها بسته به وضعیتی که در حالات مختلف سلول خواهد داشت انجام می شود. برای مثال قانون زیر به قانون 30 معروف است.



قانون 30

rule 30



قابلیتها و نقصهای اتوماتای سلولی

CA مدلی است که از یکسری اجزاء مشابه و ساده تشکیل شده است که قوانین بسیار ساده محلی نیز بر آنها حاکم است. اما در نهایت می تواند سیستمهای پیچیده ای را مدل کند.

یک اشکال عمده CA تعیین فرم قطعی قوانین مورد نیاز برای یک کاربرد خاص است و اینکه CA برای مدل کردن سیستمهای قطعی مناسب می باشد.

پس باید به دنبال روشی باشیم که بدون نیاز به تعیین فرم قطعی قوانین، با گذشت زمان قوانین مناسب استخراج شوند.

هوشمند کردن سلولهای CA و افزودن قابلیت یادگیری به آنها یکی از این روشهاست!

ایده‌ی اولیه

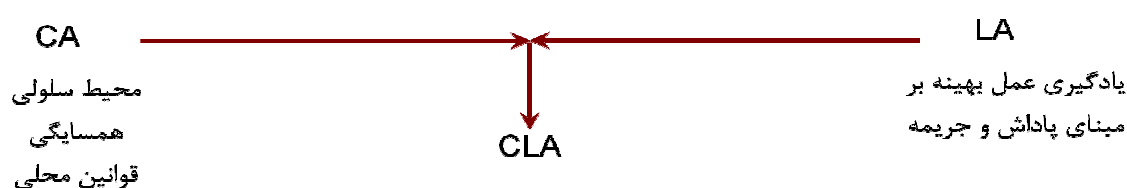
مشکلات اتوماتای سلولی

تعیین فرم قطعی قوانین مورد نیاز برای یک کاربرد خاص

کارا نبودن در مدل سازی سیستمهای دارای عدم قطعیت

مشکل اتوماتای یادگیر

سادگی بیش از حد ← به تنهایی قادر به حل بسیاری از مسائل پیچیده نمی باشد



همان طور که اشاره شد اتوماتای سلولی نوعی از مدل سیستم پیچیده است که می تواند تغییرات مکانی و تغییرات زمانی را به خوبی بیان کند.

حالت سلول می تواند با سلول های همسایه و محیط زیست تحت تاثیر قرار گیرد. این حالت برای ظهور آفات ساده است، به خصوص *Acutopslycopersici* که نوعی بندپای میکرو است که نمی تواند با چشم مشاهده شود، این یک مشکل برای استفاده از روش های دیگر است، اما می توان آن را توسط اتوماتای

سلولی حل کرد. بنابراین، اتوماتای سلولی می تواند برای شبیه سازی پویایی جمعیت *Aculopslycopersici* مورد استفاده قرار گیرد.

طراحی نمونه اولیه مدل پویایی جمعیت *Aculopslycopersici*

نمونه مدل از سه بخش عمده ساخته شده است:

گیاهان گوجه فرنگی، *Aculopslycopersici* و عوامل زیست محیطی

گیاهان گوجه فرنگی می تواند توسط *Aculopslycopersici* مصرف شوند، و عوامل زیست محیطی بر روی رشد گیاهان گوجه فرنگی و *Aculopslycopersici* تاثیر بگذارند.

این مدل تغییر پویایی *Aculopslycopersici* در یک فضای 2 بعدی شرح داده می شود

Aculopslycopersici نوعی بندپای میکرو محسوب می شود، بنابراین بدن آن نمی تواند به عنوان سلول های پایه در نظر گرفته شود، شبکه با اندازه 10 در 10 سانتی متر به عنوان سلول پایه در مدل در نظر گرفته می شود.

در محدوده یک سلول، تنها حالت رشد و تعداد *Aculopslycopersici* در نظر گرفته شد، موقعیت *Aculopslycopersici* در نظر گرفته نشد، بنابراین تغییر فضایی این کنهتتها می تواند بین هر سلول اتفاق بیفتد. روز واحد زمان اساسی این مدل است.

موارد لازم

گیاهان گوجه فرنگی: تغذیه از گیاهان گوجه فرنگی خلاصه می شود، و تغییر تغذیه روند رشد *Aculopslycopersici* را نشان خواهد داد.

Aculopslycopersici: شامل چهار مرحله رشدی است: تخم، لارو، پوره و بالغ.

تخم نرخ بقای خاص دارد، تخم هایی که زنده مانده اند رشد کرده تا به لارو تبدیل شوند.

لارو نیز دارای نرخ بقای خاص است، لارو هایی که زنده مانده اند رشد کرده تا به پوره تبدیل، و لارو می تواند تغذیه کند.

پوره نیز دارای نرخ بقای خاص است، پوره هایی که زنده مانده اند رشد کرده تا به کنه های بالغ تبدیل، و آن ها نیز می توانند تغذیه کنند.

پوره همچنین دارای توانایی انتشار است که تخم و لارو فاقد این توانایی هستند.

کنه های بالغ دارای نرخ بقای خاص است، و کنه های بالغ که زنده مانده اند توانایی تخم ریزی را دارند. همانند پوره ها بالغین می تواند تغذیه کنند و دارای توانایی انتشار هستند.

عوامل زیست محیطی

عوامل زیست محیطی این مدل به طور عمده دما و رطوبت نسبی است که تاثیر مهمی در فرآیند رشد گیاهان گوجه فرنگیو رشد *Aculopslycopersici* دارد.

قوانین

با توجه به رشد، روند انتشار *Aculopslycopersici* و روند رشد گیاهان گوجه فرنگی، قوانین اتوماتای سلولی ایجاد شده است.

قواعد اولیه مدل مبتنی بر اتوماتای سلولی توسط قوانین رشد، قانون گسترش، قانون انقراض، قانون انتشار و قانون رشد گوجه فرنگی تشکیل می شود. اجزای به هم پیوسته این قوانین برای *Aculopslycopersici* در مراحل مختلف متفاوت خواهد بود.

قانون رشد: درجه حرارت آستانه رشد تخم 10.51 درجه سانتی گراد

رابطه بین درجه حرارت و مرحله تخم

$$Y(\text{مرحله تخم}) = 0.0228T (\text{دما}) - 0.2343$$

رابطه بین رطوبت نسبی و مرحله تخم

$$Y(\text{مرحله تخم}) = 0.4387 - 0.1397 RH (\text{رطوبت نسبی})$$

درجه حرارت آستانه رشد لارو 9.02 درجه سانتی گراد

رابطه بین درجه حرارت و مرحله لارو

$$Y(\text{مرحله لارو}) = 0.0148T (\text{دما}) - 0.0935$$

رابطه بین رطوبت نسبی و مرحله لارو

$$Y(\text{مرحله لارو}) = 0.4449 - 0.1310 RH (\text{رطوبت نسبی})$$

درجه حرارت آستانه رشد پوره 9.02 درجه سانتی گراد

رابطه بین درجه حرارت و مرحله پوره

$$Y(\text{مرحله پوره}) = 0.0148T (\text{دما}) - 0.0935$$

رابطه بین رطوبت نسبی و مرحله پوره

$$Y(\text{مرحله پوره}) = 0.4449 - 0.1310 RH (\text{رطوبت نسبی})$$

قانون انتشار: بالغین فقط توانایی تخم ریزی دارند.

رابطه بین دوره تخم ریزی و درجه حرارت

$$Y(\text{دوره تخم ریزی}) = -0.0274T (\text{دما}) + 47.508$$

رابطه بین دوره تخم ریزی و رطوبت نسبی

$$Y(\text{دوره تخم ریزی}) = 12.536 RH (\text{رطوبت نسبی}) - 0.098$$

رابطه بین باروری و درجه حرارت

$$Y(\text{باروری}) = 2.3367T (\text{دما}) - 7.313$$

$$Y(\text{باروری}) = 3.007 - T (\text{دما}) - 22.9$$

قانون انقراض

تخم نرخ بقای معینی دارد، تنها تخم هایی که زنده مانده اند به لارو تبدیل می شوند و میزان زنده ماندن تخم 95 درصد، نرخ بقا لارو 85 درصد، میزان بقای پوره 85 درصد است، میزان بقای بالغ 80 درصد است. بالغین پس از تخم ریزی می میرند.

قانون انتشار

اگر تعداد کل *Aculopslycopersici* در یک سلول به آستانه رسیده باشد، پوره و بالغ به سلول هایی که در آن به اندازه کافی تغذیه در اطراف سلول های مرکز وجود دارد منتشر خواهند شد، و هنگامی که تغذیه در یک سلول به اندازه کافی برای *Aculopslycopersici* وجود نداشته باشد، لارو و تخم خواهد مرد، پوره و بالغ به سلول هایی که، تغذیه کافی در اطراف سلول مرکزی وجود دارد منتشر خواهند شد.

قانون رشد گوجه فرنگی

مجموعه ی تغذیه اولیه گیاهان گوجه فرنگی صد هزار واحد تغذیه است.

رابطه بین تغذیه گوجه فرنگی و درجه حرارت

$$Y = 50000 + (x - 20) * 2500$$

قانون تغذیه مصرفی

هر لارو 3 واحد تغذیه را در یک روز مصرف می کند. هر پوره 4 واحد تغذیه را در یک روز مصرف می کند ،
هر بالغ 5 واحد تغذیه را در یک روز مصرف می کند.

مراحل

مرحله 1: رشد گوجه فرنگی. با توجه به قانون رشد گوجه فرنگی و مقدار تغذیه گوجه فرنگی در هر سلول در زمان سپری شده، مقدار جدید تغذیه گوجه فرنگی در هر سلول مشخص شده است، و نقشه توزیع اولیه تغذیه گوجه فرنگی تشکیل شده است.

مرحله 2: رشد *Aculopslycopersici*. با توجه به قانون رشد و قانون انتشار و تعداد *Aculopslycopersici* در هر سلول در زمان سپری شده، تعداد *Aculopslycopersici* در دوره های مختلف رشد در هر سلول مشخص شده است، و نقشه توزیع اولیه *Aculopslycopersici* تشکیل شده است .

مرحله 3: انتشار *Aculopslycopersici*. با توجه به قاعده تغذیه مصرفی و نقشه توزیع اولیه *Aculopslycopersici* مقدار تغذیه ای که توسط این کنه مصرف خواهد شد می تواند تعیین شود، و آن با نقشه توزیع اولیه تغذیه گوجه فرنگی هم پوشانی خواهد داشت، نقشه توزیع نهایی تغذیه گوجه فرنگی پس از آن تشکیل شده و نقشه توزیع نهایی *Aculopslycopersici* نیز می تواند با توجه به قانون انتشار تشکیل شود.

اجرای مدل پویا یی جمعیت *Aculopslycopersici*

نمونه اولیه مدل با استفاده از ArcGIS Engine 9.1 اجرا شد.

مجموعه فضای 25 متر در 30 متر است و گیاه گوجه فرنگی در مرکز مجموعه به عنوان موقعیت اولیه *Aculopslycopersici* تعداد *Aculopslycopersici* در حدود 40000، درجه حرارت 26 درجه سانتی گراد، رطوبت نسبی 53 درصد است.

با توجه به قوانین و مراحل فوق، حالت *Aculopslycopersici* 40000 در 60 روز شبیه سازی شده است، نتیجه مدل به شرح زیر نشان داده می شود.

در طول 60 روز، سه پیک جمعیتی *Aculopslycopersici* وجود داشت. حدود 55 روز بعد، تعداد *Aculopslycopersici* به میزان حداکثری رسید.

توزیع *Aculopslycopersici* به منطقه حداکثری در روزهای 50 ام رسیده است.

پس از آن است که به دلیل *Aculopslycopersici* بسیاری از گیاهان گوجه فرنگی از بین رفتند در روز 60 ام بیشتر متمرکز تر شدند.

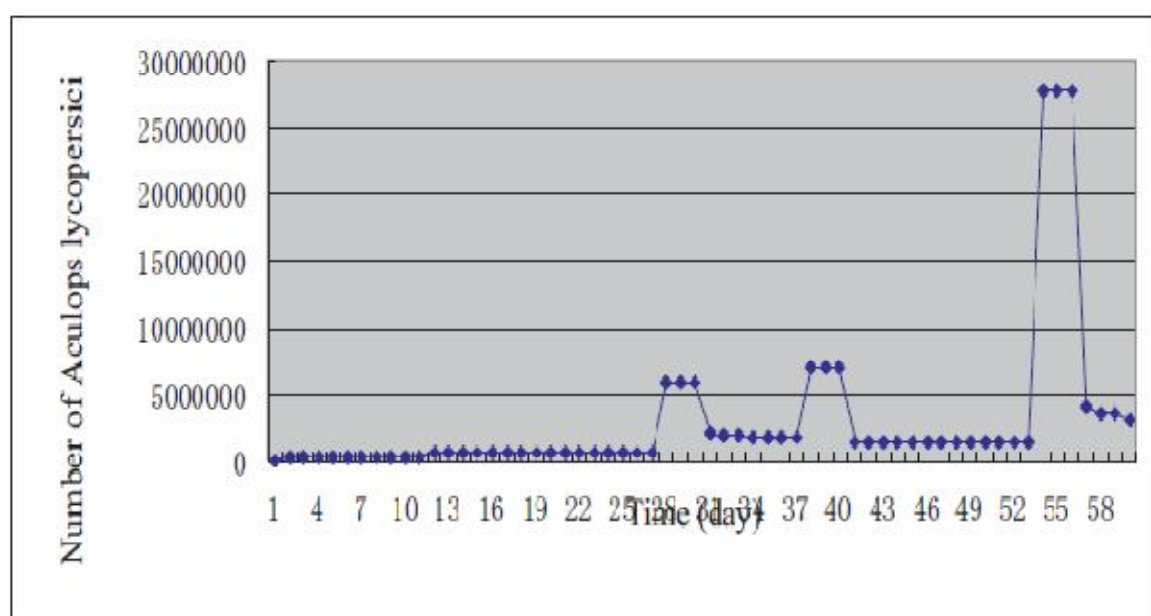


Fig.1. The quantitative change of *Aculops lycopersici*

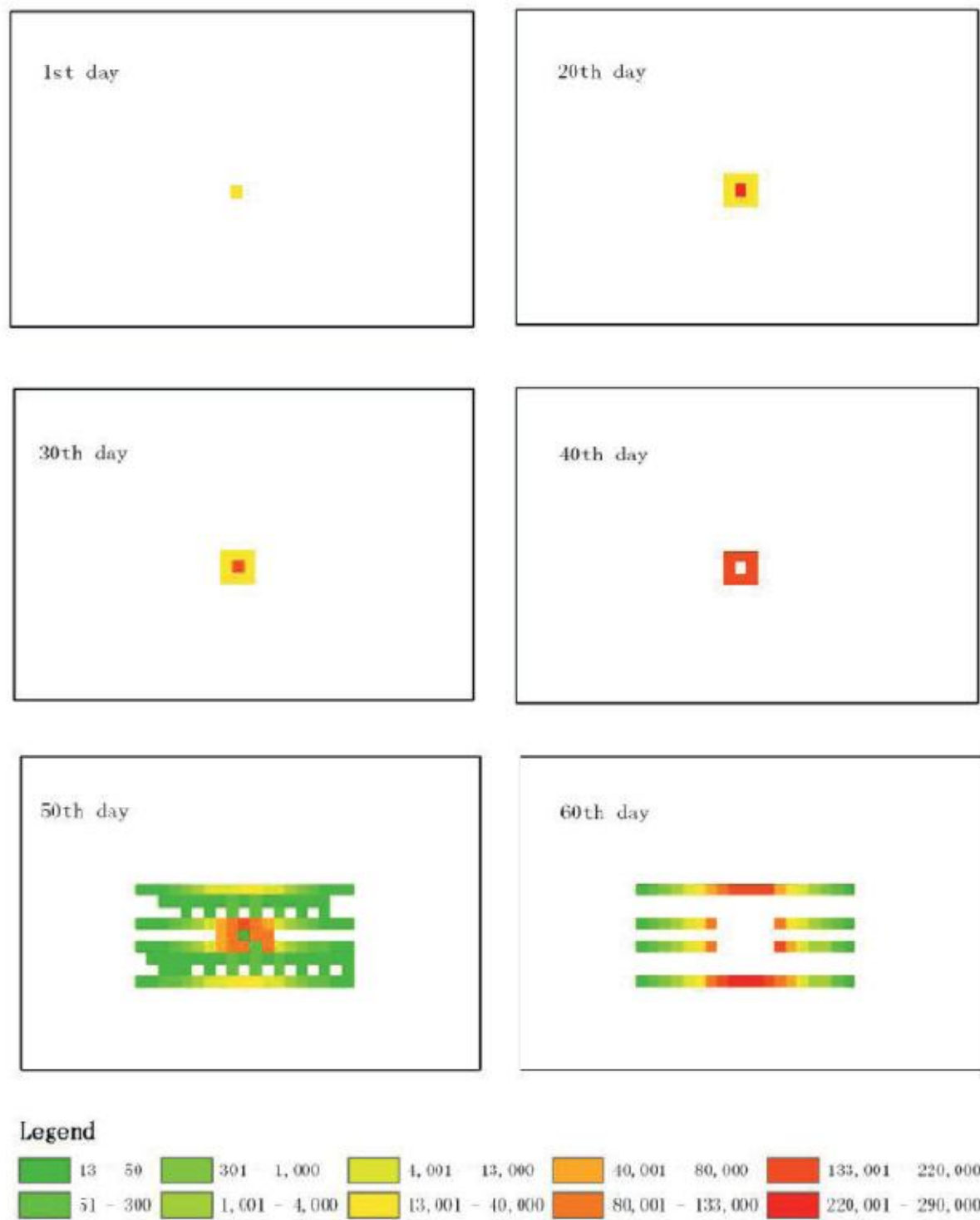


Fig.2. The distribution change of *Aculops lycopersici*

بحث و نتیجه گیری

نتیجه این تحقیق نشان داده است که سلول های خودکار می تواند برای شبیه سازی پویایی جمعیت *Aculopslycopersici* مورد استفاده قرار گیرد. هر دو تغییرات مکانی و زمانی می تواند به خوبی در مدل شرح داده شود، و به دست آوردن اطلاعات مورد نیاز در این مدل آسان است.

مدلی برای تاثیر اثر گلخانه ای در توزیع جغرافیایی حشرات و میکروارگانیسم ها و پویایی جمعیت

هر CA با پنج ویژگی مشخص می شود:

1. تعداد ابعاد فضایی (n)
 2. عرض هر طرف از سلول (w). w_j عرض سمت j ام سلول است که $j = 1, 2, 3, \dots, n$
 3. عرض همسایه سلول (d). d_j عرض همسایه در سمت j ام سلول است.
 4. حالت سلول های CA
 5. قانون CA ، که تابع اختیاری F است.
- حالت یک سلول در مرحله زمانی (t+1) با توجه به F محاسبه می شود. F تابعی از حالت این سلول در مرحله زمان (t) و حالات سلول ها در همسایگی خود در مرحله زمانی (t) است.

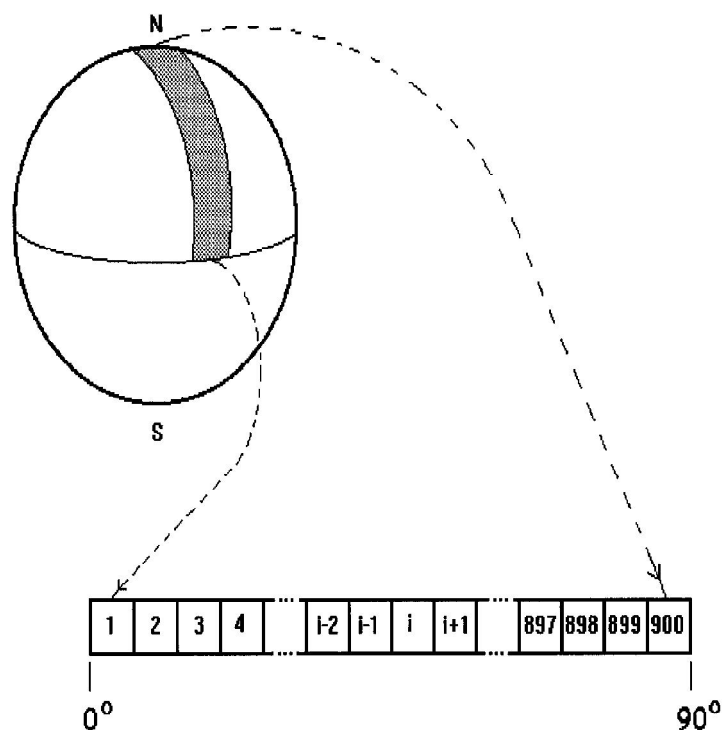
روش

شکل شماره یک نمایش شماتیک زمین را نشان می دهد. منطقه خاکستری با استفاده از دو دایره موازی که عمود بر صفحه استوایی هستند تعریف می شود. این منطقه به 900 سلول مستطیلی مساوی تقسیم می

شود و با CA نشان داده می شود با در نظر گرفتن اینکه هر یک از سلول های منطقه به عنوان یک سلول CA می باشد. لبه سمت چپ سلول روی صفحه استوایی در صفر درجه عرض شمالی قرار می گیرد.

قطب شمال در لبه سمت راست سلول 900 قرار دارد و در نتیجه این لبه در 90 درجه عرض شمالی واقع شده است. هر درجه عرض جغرافیایی شمالی با ده سلول CA نشان داده می شود. هر سلول CA نشان دهنده یک منطقه جغرافیایی است. زمان در مدل CA در مراحل گسسته و برابر پیش می رود. هر مرحله متناظر با 15 روز است یعنی یک سال 24 مرحله زمانی را نشان می دهد. حالت محلی یک سلول CA در زمان t به عنوان تعداد نرمال افراد یک گونه تعریف می شود، یعنی نسبت تعداد افراد در منطقه جغرافیایی که با سلول CA نشان داده می شود در زمان t ، به ظرفیت حمل همان منطقه در همان مرحله زمانی. ممکن است هر مقداری بین 0 و 1 باشد. حالت یک سلول که در آن هیچ فردی از این گونه وجود ندارد صفر است، در حالی که حالت سلول اگر تعداد افراد در این سلول با ظرفیت حمل آن برابر باشد 1 است.

$$C_i^t = \frac{P_i^t}{M_i^t}$$



به علت گرم شدن کره زمین، درجه حرارت متوسط فرض شده است که با $R^{\circ}C$ در هر سال افزایش یابد. گرم شدن زمین با افزایش درجه حرارت در هر سلول CA توسط $R^{\circ}C$ هر سال طراحی می شود. شرایط اولیه CA درجه حرارت، جمعیت و ظرفیت حمل تمام سلولها در مرحله زمانی صفر می باشد. فرض بر این است که گرم شدن کره زمین در مرحله زمانی 25 شروع خواهد شد یعنی یک سال پس از شرایط اولیه که تحمیل شده است. شرایط اولیه توسط کاربر وارد شده است. پارامترها و معادلات تعریف شده توسط کاربر عبارتند از:

▪ درجه حرارت در همه سلولها در مرحله زمانی صفر؛

▪ جمعیت در همه سلولها در مرحله زمانی صفر؛

▪ ظرفیت حمل همه سلول ها در مرحله زمانی صفر ؛

▪ معادلات 5 و 7 و معادله 10؛

▪ پارامترهای p, q, a, b, c, d

▪ افزایش درجه حرارت در سال $R^{\circ}C$ درجه سانتی گراد

$$O_i^t = pP_i^t \quad \text{معادله 5}$$

$$P_i^{t+m} = qO_i^{t+m} \quad \text{معادله 7}$$

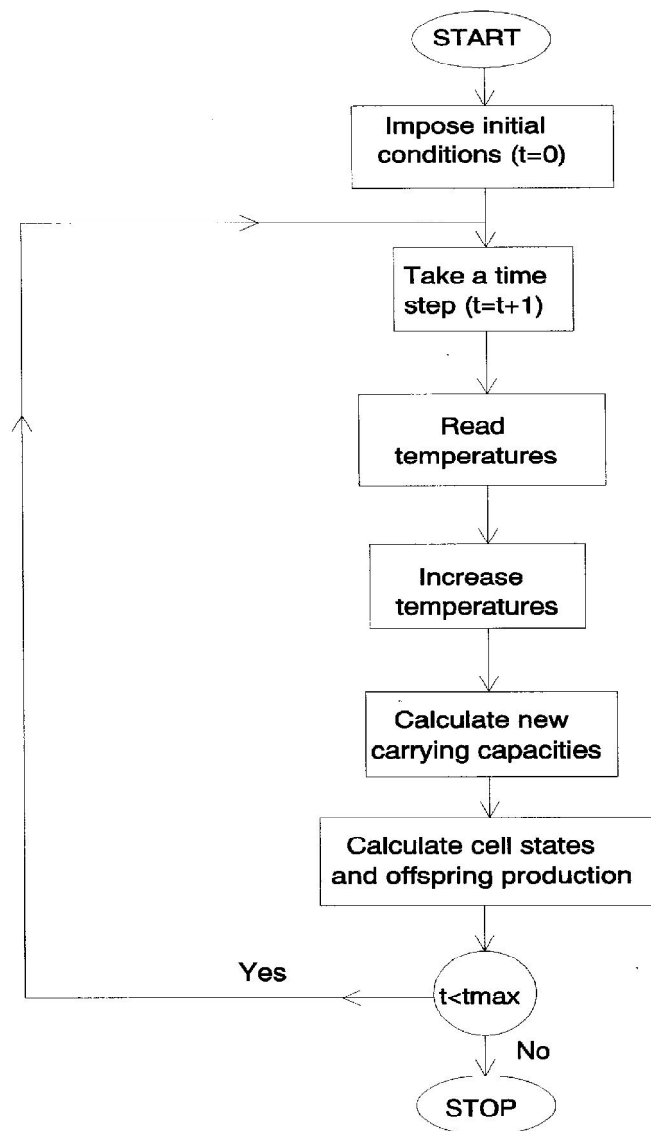
$$M_i^t = a \exp(bT_i^t) \quad \text{معادله 10}$$

سلول های 1 و 900 دارای فقط یک همسایه هستند. همسایه دوم با شرایط مرزی تعیین می شود. اگر منطقه خاکستری در شکل 1 به اطراف زمین برود، پس سلول های 1 و سلول سمت چپی آن همان

درجه حرارت متوسط را در همه زمان ها خواهد داشت زیرا آنها به سطح استوایی متقارن هستند و در نتیجه، سلول 1 به عنوان همسایه سمت چپ سلول 1 استفاده خواهد شد. به طور مشابه، سلول سمت راستی سلول 900 به عنوان همسایه سمت راست سلول 900 استفاده خواهد شد.

الگوریتم

شکل 2 نمودار جریان الگوریتم بر اساس بخش های قبلی را نشان می دهد. الگوریتم در مرحله زمانی صفر شروع می شود. شرایط اولیه اعمال می شود و این ارزش ها در سه فایل در فرم ماتریس $[1*900]$ نگهداری می شوند. این سه فایل و یک فایل دیگری که حاوی مقادیر پارامترهای تعریف شده توسط کاربر است خوانده می شود. مرحله زمان گرفته می شود و دماهای سلول ها در این مرحله زمانی از یک فایل خوانده می شود. درجه حرارت متوسط برای عرض های مختلف برای هر روز از سال یافت می شود. پس از آن، درجه حرارت توسط R درجه سانتی گراد افزایش می یابد. در سال اول درجه حرارت افزایش نمی یابد، در سال دوم (t بین 24 و 49) درجه حرارت توسط $R^{\circ}C$ افزایش می یابد. در سال 3 (t بین 48 و 73) توسط $2R^{\circ}C$ افزایش می یابد و بدین صورت تا آخر.



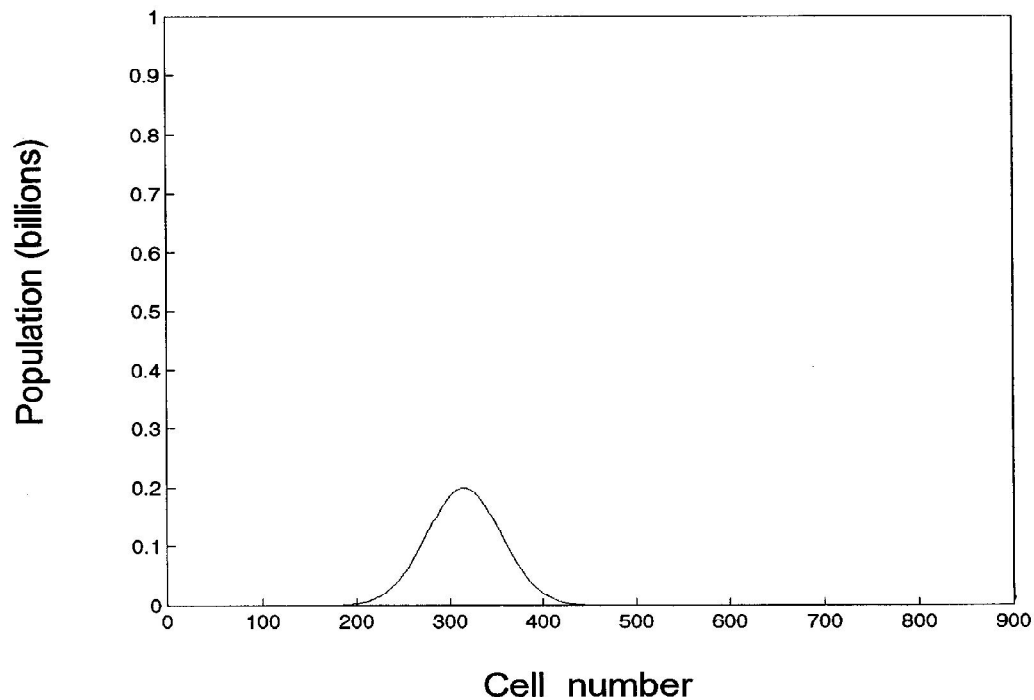
پس از افزایش دما، ظرفیت حمل سلول ها با استفاده از معادله 10 محاسبه شده پس از آن، حالت های سلول جدید با استفاده از معادله :

$$C_i^{t+1} = C_i^t + \frac{qO_i^t}{M_i^t} + c \exp\left(d\left(\frac{P_{i-1}^t}{a \exp(bT_{i-1}^t)} - \frac{P_i^t}{a \exp(bT_i^t)}\right)\right) + c \exp\left(d\left(\frac{P_{i+1}^t}{a \exp(bT_{i+1}^t)} - \frac{P_i^t}{a \exp(bT_i^t)}\right)\right)$$

محاسبه می شوند و تولید فرزند با استفاده از معادله 5 است. جمعیت اولیه ($t=0$) که تحمیل شد در شکل 3 نشان داده شده است. $t=0$ مربوط به 1-15 آوریل است.

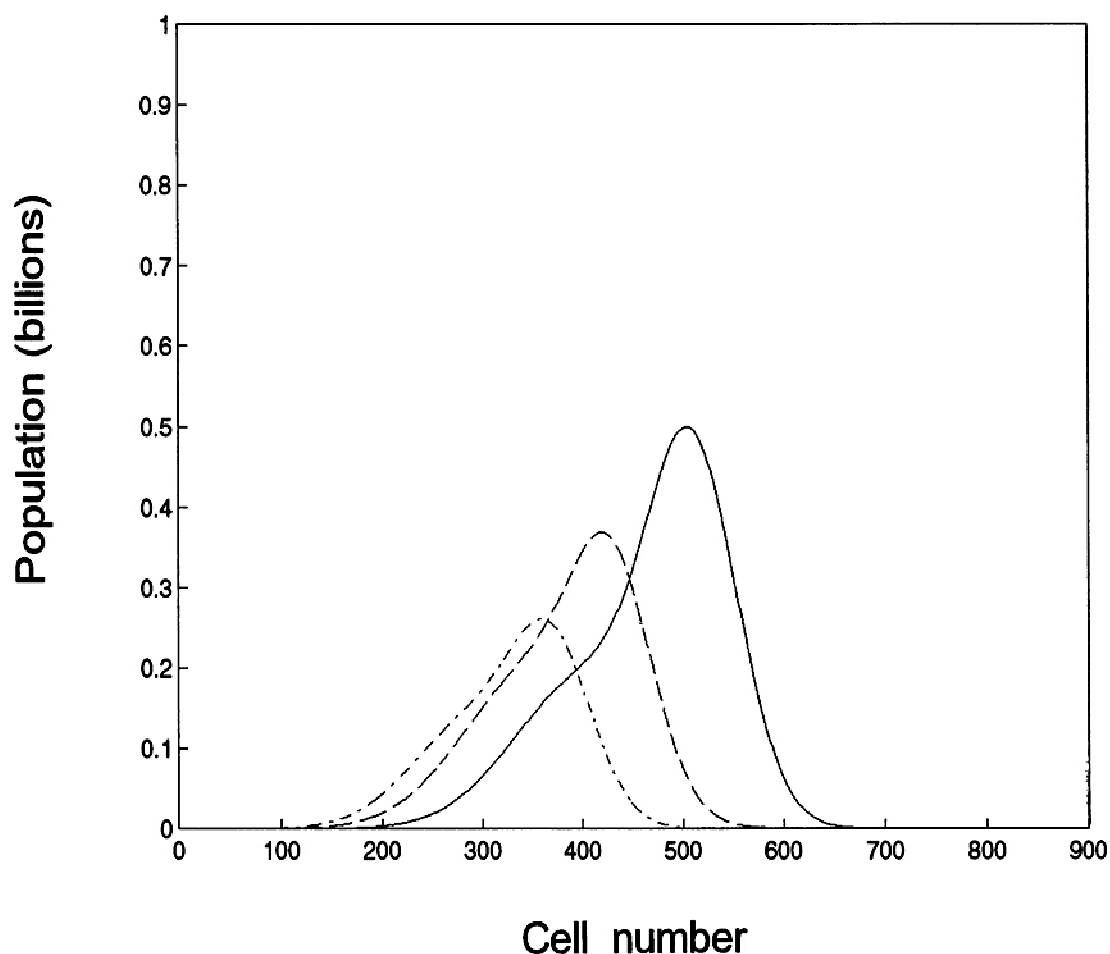
در این زمان گونه یک منطقه جغرافیایی را اشغال می کند که با سلول های 180 سلول، 181، ...، 440 نشان داده شد و توزیع جمعیت در این سلول ها به گاوسی (توزیع اولیه جمعیت گونه) فرض میشود. پارامترهای مدل گرفته شد.

$$P=1.40, q=0.75, A=0.50, b=1.10, c=0.60, d=0.90.$$



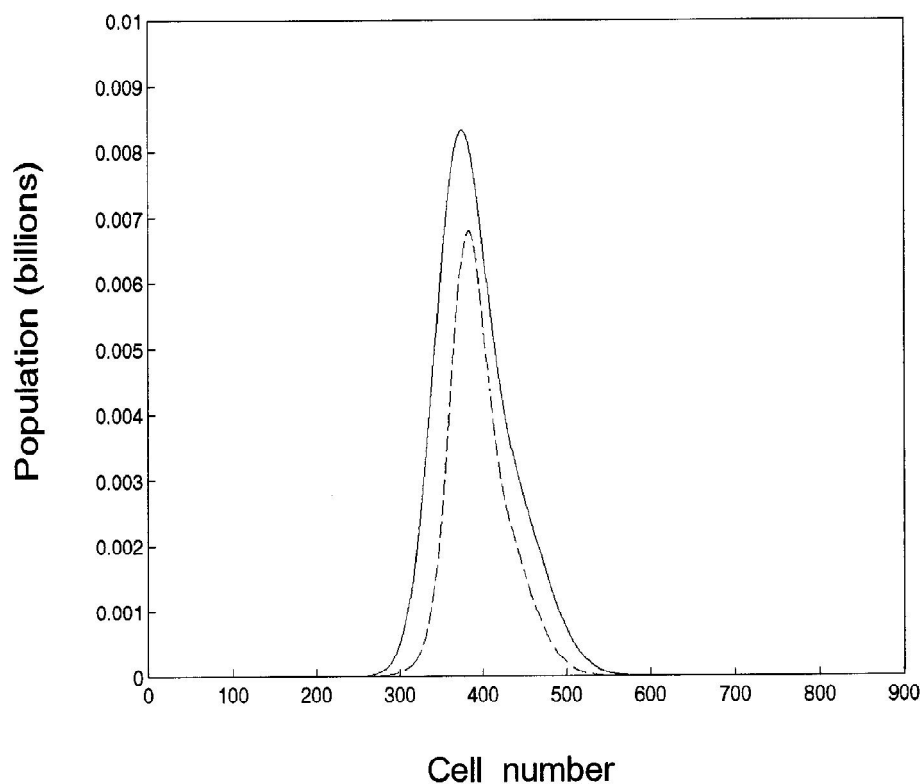
توزیع جمعیت گونه ها 10، 20 و 30 سال پس از آن در شکل 4 نشان داده شده است.

هر سه منحنی مربوط به یک دوره از 16 تا 30 آوریل است. منحنی خط تیره نقطه چین، نشان دهنده توزیع جمعیت در 10 سال بعد ($t=241$) است. منحنی خط تیره توزیع جمعیت در 20 سال بعد ($t=481$) و جامد منحنی خط ممتد توزیع جمعیت در 30 سال بعد ($t=721$) است.



گونه های از جنوب به شمال مهاجرت و میانگین جمعیت آن افزایش می یابد. جمعیت بزرگتر در جهت حرکت جمعیت یافت میشوند و می توان گفت که اوج توزیع گاوسی اولیه، در جهت حرکت جمعیت قرار گرفته است. شکل 5 همان اطلاعات شکل رانشان می دهد. اما از شماره 1 تا 15 اکتبر است.

پس از گذشت 10 سال، هیچ فردی از این گونه این موقع از سال زندگی نمی کنند ، اما پس از 20 سال تعدادی از افراد زندگی می کنند و این تعداد پس از 30 سال افزایش می یابد. در این موقع از سال، جمعیت های بزرگتر در جهت مخالف به حرکت جمعیت یافت می شود.



پس از گذشت 10 سال، هیچ فردی از این گونه این موقع از سال زندگی نمی کنند ، اما پس از 20 سال تعدادی از افراد زندگی می کنند و این تعداد پس از 30 سال افزایش می یابد. در این موقع از سال، جمعیت های بزرگتر در جهت مخالف به حرکت جمعیت یافت می شود.

نتیجه گیری

مدلی برای تاثیر اثر گلخانه ای در توزیع جغرافیایی حشرات و میکروارگانیسم و دینامیک جمعیت با استفاده از اتوماتای سلولی ارائه شده است. الگوریتم بر اساس این مدل توسعه داده شده و برای تعیین توزیع جغرافیایی و پویایی جمعیت گونه های فرضی در یک سناریوی فرضی گرم شدن کره زمین استفاده شد. عوامل تنظیمی مهم مانند جمعیت شکارگر، بیماریهای مرتبط با استرس و رقابت گونه در اینجا لحاظ نشده است.

مشکل به مراتب در دو بعدی که در آن مناطق جغرافیایی مانند دریاها، دریاچه ها، و کوه ها به منظور شبیه سازی سطح زمین در نظر گرفته می شوند بسیار پیچیده تر است. استفاده از معادلات دیفرانسیل با

مشتقات جزئی در مشکل دو بعدی به دلیل مرزهای پیچیده عملاً غیر ممکن است. اتوماتای سلولی می تواند مرزهای پیچیده اداره کند و می تواند در مشکل دو بعدی استفاده شود.