

چینش‌های جدید برای اتوماتای سلولی ژنتیکی

حسین رجبعلی پور محمدرضا میبیدی

آزمایشگاه سیستم‌های نرم افزاری
دانشکده مهندسی کامپیوتر و فناوری اطلاعات
دانشگاه صنعتی امیرکبیر
تهران ایران
(rajabali, meybodi)@ce.aut.ac.ir

و سپس با اعمال عملگرهایی که از طبیعت الهام گرفته شده‌اند بر روی آنها، مجموعه‌ای از جوابهای جدید ساخته می‌شود. این فرایند منجر به تولید جمعیتی می‌شود که افراد آن به هدف نزدیکتر هستند [2]. غالباً، برای حل مسائل بهینه‌سازی، الگوریتم‌های ژنتیکی بر شبکه عصبی^۲، جستجوی‌های تابو^۳ و یا سردشدن شبیه‌سازی شده^۴ ترجیح داده می‌شوند. یک عیب نسبتاً عمده در شبکه‌های عصبی ارجح بودن بهینه محلی بر بهینه عمومی است و همینطور جواب نهایی شبکه کاملاً وابسته به مقادیر آغازین شبکه می‌باشد. جستجوی تابو و سردشدن شبیه‌سازی شده، الگوریتم‌های اتفاقی تکاملی می‌باشد، که ممکن است زمان زیادی را برای پیدا کردن جواب بهینه صرف کنند. از طرف دیگر GA، در پیدا کردن یک جواب قابل قبول یا تقریباً بهینه یعنی جوابی که مقدار خطای موجود در آن قابل چشم‌پوشی باشد، برای یک مسئله بهینه‌سازی، خیلی سریعتر از آنها عمل می‌کنند. گرچه GA ضمانتی در پیدا کردن راه حل بهینه عمومی، در یک زمان مشخص ندارد ولی می‌تواند با ادامه دادن تکرارهای الگوریتم به جواب نزدیکتری به جواب بهینه برسد. با وجود مزایای زیادی که در الگوریتم‌های ژنتیکی در مقایسه با روشهای سنتی وجود دارد، ولی مشکلاتی را نظیر همگرا نشدن به جواب و گیر افتادن در دام مینیمم‌های محلی را دارا می‌باشد. در [5] با ترکیب الگوریتم‌های ژنتیکی با یک مدل محاسباتی به نام اتوماتای سلولی^۵ (دوبعدی) اتوماتای سلولی ژنتیکی معرفی گردید و برای حل مسایل متنوعی مورد استفاده قرار گرفت. نتایج بدست آمده در مقایسه با نتایج حاصل از الگوریتم‌های ژنتیکی کلاسیک، حاکی از برتری‌های این مدل اتوماتای سلولی ژنتیکی می‌باشد.

عمل چینش سلولها، در اتوماتای سلولی ژنتیکی که در [5] معرفی گردیده است عملی است که نحوه قرار گیری سلولها در اتوماتای سلولی ژنتیکی را تغییر می‌دهد. این عمل که با الگوریتم‌های مختلف و با توجه به مقدار شایستگی سلولها انجام می‌شود سبب از میان رفتن همسایگی‌های قدیمی یک سلول و ایجاد همسایگی‌های جدید برای آن سلول می‌گردد. مکانیزم چینش باعث افزایش کارایی اتوماتای سلولی

چکیده: مدل اتوماتای سلولی ژنتیکی ترکیبی است از الگوریتم‌های ژنتیکی و مدل اتوماتای سلولی. در مدل اتوماتای سلولی ژنتیکی میان رشته‌ها (کروموزوم) در جمعیت ژنتیکی و سلولها در اتوماتای سلولی تناظری برقرار می‌شود. نتیجه این خواهد بود که هر سلول دارای تعدادی ژن در قالب رشته‌های بیتی است که نمایش دهنده یک جواب ممکن برای مساله مورد مطالعه می‌باشد. ژن‌ها معرف حالت سلول در اتوماتای سلولی هستند. حالت بعدی اتوماتای سلولی (نسل بعدی در این جمعیت) با کمک قوانین اتوماتا که در واقع قوانین زاد و ولد می‌باشند تولید می‌گردد. عمل چینش، در اتوماتای سلولی ژنتیکی عملی است که نحوه قرار گیری سلولها در فضای جمعیت را تغییر می‌دهد. عمل چینش سبب از میان رفتن همسایگان قدیمی یک سلول و ایجاد همسایگان جدید برای آن سلول می‌گردد و از این طریق، رشته‌ای که در صدد انتخاب یک رشته و ترکیب با آن برای ایجاد فرزندان جدید است، دارای محدودیت دسترسی و انتخاب می‌باشد و فقط از یک سری رشته محدود در همسایگان خود حق انتخاب دارد. این محدودیت، در حل بعضی از مسائل نه تنها باعث کاهش کارایی الگوریتم نمی‌شود، بلکه کارایی آن را بهبود می‌بخشد. چند روش چینش که در [5] مطرح و کارایی آنها مورد آزمایش قرار گرفته عبارتند از: چینش سطری، چینش قطری، چینش حداکثر فاصله، چینش تصادفی و چینش مرکزی. در این مقاله چینش‌های جدیدی معرفی شده است و بر روی مسایل متنوعی از جمله مساله کوله پشتی و مساله رنگ آمیزی گراف آزمایش و مورد ارزیابی قرار گرفته است و با چینشهای گزارش شده در [5] مقایسه گردیده است.

کلمات کلیدی: الگوریتمهای ژنتیکی، اتوماتای سلولی، اتوماتای سلولی ژنتیکی، چینش

۱- مقدمه

الگوریتم‌های ژنتیکی (GA^۱) روشهای جستجوی تصادفی هستند که با الهام از قانون تکامل در طبیعت ایجاد شده‌اند. این الگوریتم‌ها بر روی جمعیتی از راه‌حلهای بالقوه، براساس اصل بقا برای تولید جوابهای بهتر و بهتر اعمال می‌شوند. در هر نسل با انتخاب افرادی براساس مطلوبیت آنها

² Neural Networks

³ Tabu Search

⁴ Simulated Annealing

⁵ Cellular Automata

¹ Genetic Algorithm

ژنتیکی میگردد. در [5] اتوماتای سلولی ژنتیکی تحت چینشهای متفاوت برای حل مسایل متفاوت مانند کوله‌پشتی، فروشنده دوره‌گرد و مینیمم‌سازی تابع مورد استفاده قرار گرفته است. چینشهای معرفی شده در [5] عبارتند از: چینش مرکزی، حداکثر فاصله، سطری و قطری ارائه شده است. در چینش حداکثر فاصله، سعی شده سلولهای مجاور حتی‌المقدور حداکثر اختلاف را با یکدیگر داشته باشند. در چینش سطری، سطرهای اتوماتای سلولی، به ترتیب مقدار شایستگی سلولها مرتب می‌شوند، مشخصه‌ای که این روش به دنبال ایجاد آن در جمعیت است نزدیکتر کردن افرادی است که شایستگی مشابهی با یکدیگر دارند. در این حالت همسایه‌های چپ و راست، نزدیک ترین سلولها به فرد از لحاظ شایستگی هستند و همسایه‌های بالا، پایین و قطری دارای تفاوت‌های بیشتری خواهند بود. در چینش قطری، رشته‌های جمعیت مرتب شده‌اند و به صورت پشت‌سرم در قطرهای اتوماتای سلولی چیده می‌شوند. همانند حالت قبل در اینجا نیز هدف در مجاورت قرار گرفتن سلولهای مشابه می‌باشد. در این مقاله چینش‌های جدیدی معرفی شده است و بر روی مسایل متنوعی آزمایش و مورد ارزیابی قرار گرفته است و با چینشهای معرفی شده در [5] مقایسه گردیده است.

ادامه مقاله بصورت زیر سازماندهی شده است. در قسمت ۲، الگوریتم‌های ژنتیکی مورد بررسی قرار خواهد گرفت و در بخش ۳ مدل محاسباتی اتوماتای سلولی و انواع چینش‌ها شرح داده خواهد شد. در بخش ۴، مسایل مورد بررسی شرح داده میشود و بخش ۵ به ارائه نتایج آزمایشها بر روی مسائل رنگ‌آمیزی گراف^۱، ۱/۱ چندکوله‌پشتی^۲، تخصیص کانال^۳ در شبکه‌های موبایل سلولی^۴، و مساله فروشنده دوره‌گرد^۵ پرداخته می‌شود.

۲- الگوریتمهای ژنتیکی

الگوریتمهای ژنتیکی که بر مبنای ایده تکامل در طبیعت عمل می‌نماید، بر روی جمعیتی از راه‌حلهای بالقوه به جستجوی راه حل نهایی می‌پردازد. در هر نسل، بهترین‌های آن نسل انتخاب می‌شوند، و پس از زاد و ولد، مجموعه جدیدی از فرزندان را تولید می‌کنند. در این فرایند افراد مناسبتر با احتمال بیشتری در نسلهای بعد باقی خواهند ماند. در الگوریتمهای ژنتیکی، بسیاری از مکانیزمهایی که در زیست‌شناسی وجود دارند، نظیر انتخاب بهتر، ترکیب ژنها، جهش ژنها، مهاجرت افراد جمعیت، محلی بودن گونه‌ها و غیره شبیه‌سازی می‌شوند. در این الگوریتم، جستجو بر روی مجموعه‌ای از راه‌حلهای، به صورت موازی انجام می‌شود، در حالی که در روشهای سنتی جستجو بصورت ترتیبی میباشد.

در آغاز الگوریتم، تعدادی از افراد^۶ - جمعیت اولیه^۷ - به صورت تصادفی ساخته شده و تابع ارزش برای تک‌تک آنها ارزیابی می‌شود. اگر شرط رسیدن به جواب برقرار نباشد (به جواب بهینه نرسیده باشیم)، نسل بعدی با انتخاب والدین براساس میزان تناسبشان تولید می‌شوند و فرزندان با احتمالی ثابت دچار جهش می‌شوند. سپس میزان تناسب فرزندان جدید محاسبه شده و جمعیت جدید، از جایگزینی فرزندان با والدین ایجاد می‌شود و این فرآیند تا برقرار شدن شرط خاتمه تکرار می‌شود. الگوریتمهای ژنتیکی از عملگرهای مانند انتخاب^۸، ترکیب، جهش^۹ و جایگذاری^{۱۰} استفاده می‌کند که هر یک دارای انواع مختلفی بوده و با روشهای متفاوتی قابل پیاده‌سازی می‌باشند [6][7][8][9].

مدل اتوماتای سلولی ژنتیکی^{۱۱} (GCA) ترکیبی است از الگوریتمهای ژنتیکی و مدل اتوماتای سلولی. ایده اصلی در این روش بدین صورت است که میان افراد در جمعیت ژنتیکی و سلولها در اتوماتای سلولی تناظری برقرار می‌شود. نتیجه این خواهد بود که هر سلول دارای تعدادی ژن در قالب رشته‌های بیتی است که نمایش‌دهنده یک جواب ممکن برای مساله مورد مطالعه می‌باشد، از طرف دیگر ژن‌ها معرف حالت سلول در اتوماتای سلولی هستند. حالت بعدی اتوماتای سلولی (نسل بعدی در این جمعیت) با کمک قوانین اتوماتا که در واقع قوانین زاد و ولد می‌باشند تولید می‌گردد. به این مدل هم می‌توان به دید یک اتوماتای سلولی نگریست و هم آن را یک الگوریتم ژنتیکی در نظر گرفت. جدول ۱، تناظر میان ماهیت ژنتیکی و سلولی اجزاء این مدل را بیان می‌کند. تفاوت‌های عمده‌ای که مدل اتوماتای سلولی ژنتیکی با اتوماتای سلولی معمولی دارد، یکی مجموعه حالات سلول است که بسیار بزرگتر از مجموعه حالات در اتوماتاهای سلولی متداول می‌باشد و دیگری قوانین حاکم بر سلولهاست که به جای آنکه یک ماشین با حالات متناهی باشد، تعدادی عملگر ژنتیکی می‌باشد که براساس تعریف همسایگی، حالت بعدی سلول را تولید می‌نماید. جدول ۱ تناظر میان اجزای الگوریتم ژنتیکی و اتوماتای سلولی [5] را نشان میدهد.

جدول ۱- تناظر میان اجزای GA و اتوماتای سلولی

اتوماتای سلولی	الگوریتم ژنتیکی
سلول	فرد جمعیت
شبکه سلولها	جمعیت یک نسل
حالت سلول	ژنها (کروموزوم)
قوانین	عملگرهای ژنتیکی
همسایگی	-

⁶ Individuals

⁷ Initial Population

⁸ Selection

⁹ Mutation

¹⁰ Reinsertion

¹¹ Genetic Cellular Automata

¹ Graph Coloring

² 1/0 Multiple Knapsack

³ Channel Assignment

⁴ Cellular Mobile Network

⁵ Traveling salesperson

می‌توان چنین تعبیر کرد که رشته‌های جمعیت و عملگرهای ژنتیکی در داخل سلول‌ها قرار می‌گیرد و تمام سلول‌ها به طور همزمان شروع به عملیات تعریف شده در خود می‌کنند و نتیجه عملیات را جایگزین مقادیر قدیم می‌کنند. مقادیری که در سلول‌ها قرار گرفته‌شده‌اند، تنها از طریق همسایگان آنها قابل خواندن می‌باشد و عملگر انتخاب در هر سلول تنها می‌تواند از رشته‌های موجود در سلول‌های همسایه رشته مناسب را انتخاب نماید. این همسایگی دارای مدل‌های مختلفی می‌باشد [5] که در شکل ۲، مدل مور^۱ با شعاع همسایگی ۱، نشان داده شده است.

در اتوماتای سلولی ژنتیکی مطرح‌شده در این مقاله، هر سلول دارای ۳ واحد حافظه می‌باشد. یکی از حافظه‌ها به عنوان حافظه اصلی است و مقداری که در آن قرار خواهد گرفت بعنوان وضعیت سلول خواهد بود و این مقدار در دسترس همسایگان سلول (برای خواندن) قرار می‌گیرند. دو حافظه دیگر سلول به عنوان حافظه موقت، برای انجام همزمان عملیات ژنتیکی در تمام سلول‌ها در نظر گرفته شده است. برای انجام عملیات ژنتیکی در هر سلول واحدهایی تعبیه می‌شود که وظیفه عملگره‌های ژنتیکی را برعهده خواهد داشت. عملگرهای ژنتیکی در این ساختار به صورت محلی کار خواهند کرد... واحد انتخاب‌گر جانشین، بمنظور انتخاب جانشین از میان فرزندان ایجاد شده برای والد که در حافظه اصلی قرار دارد، در نظر گرفته شده است. [4].

تمام سلول‌ها در یک زمان با صدا کردن عملگر انتخاب، تعدادی از رشته‌های موجود در سلول‌های همسایه را انتخاب کرده و آن را با رشته موجود در خود، به عملگر ترکیب قرار گرفته در واحد عملیات، تحویل می‌دهد. عملگر ترکیب هم بطور همزمان در تمام سلول‌ها بروی رشته‌های انتخاب‌شده و موجود در سلول، انجام خواهد گرفت. در نتیجه این عمل یک یا دو فرزند ایجاد خواهد شد. این فرزندان به عملگر جهش (واقع در واحد عملیات) موجود در سلول تحویل داده می‌شوند. عملگر جهش هم، همانند روش‌های کلاسیک که در بخش ۲ به آن اشاره شد، با اعمال یک سری تغییرات اتفاقی بروی فرزندان تولیدشده، همه آنها را به عملگر انتخاب‌گر تحویل می‌دهد. عملگر انتخاب‌گر، بهترین فرزند ایجادشده را جانشین رشته موجود در حافظه اصلی خواهد کرد. لازم بذکر است که تمام عملیات فوق در سلول‌ها به صورت همزمان انجام می‌شود [19].

چینش سلولها^۲: عمل چینش سلولها، در اتوماتای سلولی ژنتیکی عملی است که نحوه قرار گیری سلولها در توری را تغییر می‌دهد. این عمل که با الگوریتم‌های مختلف و با توجه به مقدار شایستگی سلولها انجام می‌شود سبب از میان رفتن همسایگی‌های قدیمی یک سلول و ایجاد همسایگی‌های جدید برای آن سلول می‌گردد. یکی از خصوصیات GCA این است که معمولاً پس از چند نسل خصوصیات محلی در

جمعیت ایجاد می‌شود (بدین معنی که خصوصیات مشترک در همسایه‌ها زیاد می‌شود) که حتی می‌تواند منجر به تشکیل گونه‌های بزرگی در همسایگی‌های محلی شود، البته این امر تا حدی مطلوب است زیرا این خاصیت سبب می‌شود به جای اینکه جستجو در تمام نقاط بصورت جداگانه دنبال شود (GA معمولی)، جستجوهای هدفمندی در همسایگیها انجام شود و در هر همسایگی تعدادی سلول به سمت مشترکی متمایل باشند (مزیت عمده مدل GCA). ولی این پدیده در فواصل طولانی ممکن است مشکل‌ساز شود، زیرا در هر همسایگی سلولها دچار همگرایی زودرس می‌شوند و جستجو در کل جمعیت به چند بازه کوچک در فضای مساله محدود می‌شود. بازچینشهای مجدد، در فواصل معین زمانی سبب کنترل بعضی خصوصیات نامناسب و جلوگیری از همگرایی زودرس همسایگی‌ها خواهد شد. علاوه بر این فرصتی لاستثنایی فراهم می‌آید که با چینش منسب سلولها و تشکیل همسایگی‌های جدید، افرادی در مجاورت یکدیگر قرار گیرند که برای زاد و ولد ممکن است مناسبتر باشند. چند الگوریتم بازچینی که در [5] مطرح و کارایی آنها مورد آزمایش قرار گرفته عبارتند از:

- **چینش سطری:** در این حالت سطریهای توری به ترتیب مقدار شایستگی سلولها مرتب می‌شوند، مشخصه‌ای که این روش به دنبال ایجاد آن در جمعیت است نزدیکتر کردن افرادی است که شایستگی مشابهی با یکدیگر دارند. (شکل ۲)
- **چینش قطری:** در این حالت افراد جمعیت مرتب شده‌اند و به صورت پشت‌سرم در قطریهای توری چیده می‌شوند. همانند حالت قبل در اینجا نیز هدف در مجاورت قرار گرفتن سلولهای مشابه می‌باشد (شکل ۲-ج).
- **چینش مرکزی (چینش حلزونی):** در این حالت بهترین فرد در وسط قرار می‌گیرد، و افراد به ترتیب نزولی شایستگی، به صورت مارپیچی، گرد آن چیده می‌شوند.
- **چینش حداکثر فاصله:** در این روش برخلاف چهار روش قبل، سعی شده سلولهای مجاور حتی‌المقدور حداکثر اختلاف را با یکدیگر داشته باشند.
- **چینش تصادفی^۳:** در این حالت موقیت جدید سلولها به صورت تصادفی تعیین می‌شود.

برای اطلاعات بیشتر در باره چینش‌های فوق میتوان به [5] مراجعه کرد. در ادامه این قسمت چند چینش جدید که در بخشهای بعدی مقاله به ارزیابی آنها میپردازیم ارائه میگردد.

چینش مرکز نشینی: در این چینش، تمام رشته‌ها بر اساس تابع ارزش خود مرتب شده (از بزرگ به کوچک)، سپس رشته‌ها بترتیب، از ابتدای لیست مرتب شده (بزرگ‌تر)، به داخل مرکزی‌ترین سلول به سمت سلول‌های اطراف در اتوماتای سلولی و به صورت حلزونی، چیده

¹ Moore

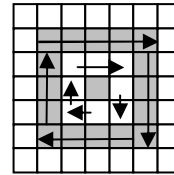
² Rearrange

³ Random Rearrange

می‌شوند. این نوع چینش، حالتی را بوجود خواهد آورد که هر چه از مرکز به سمت اطراف اتوماتای سلولی حرکت کنید، ارزش رشته‌ها کاهش می‌یابند.

چینش حاشیه‌نشینی: در این نوع چینش بر خلاف نوع چینشی که در قسمت قبل به آن اشاره شد، ابتدا رشته‌ها به صورت نزولی مرتب می‌شوند. انتخاب و چینش مانند روش قبل می‌باشد.

چینش همجواری: در ابتدا رشته‌ها به صورت صعودی بر اساس ارزششان مرتب شده، و سپس عمل چینش به این صورت انجام می‌گیرد که از مرکز به اطراف اتوماتای سلولی، یک در میان بزرگ‌ترها و کوچک‌ترها به صورت مربعی چیده می‌شوند. مطابق شکل ۱، سلول‌های با رنگ تیره، به ترتیب از مرکز اتوماتای سلولی به خارج آن و در هر مربع به ترتیبی که با فلش‌ها نشان داده شده‌است، دارای بزرگ‌ترین‌ها، و بهمین شکل سلول‌های روشن‌تر، دارای کوچک‌ترین‌ها خواهند بود.



شکل ۱. نمایی از اتوماتای سلولی و ترتیب چینش در مربعات

چینش‌های مطرح شده در فوق می‌توانند در مراحل مختلف اجرای اتوماتای ژنتیکی سلولی بدفعات تکرار شوند. البته باید به این نکته توجه داشت که عمل چینش به عنوان یک سربرابر برای الگوریتم محسوب می‌شود و استفاده مکرر از آنها زمان اجرای الگوریتم را افزایش می‌دهد.

۴- مسائل مورد بررسی با GCA

برای ارزیابی اتوماتای سلولی ژنتیکی با چینش‌های جدید از مسائلی زیر استفاده می‌کنیم.

الف) مساله کوله‌پشتی! در این مساله، یک کوله‌پشتی و تعدادی بسته مفروضند. هر بسته دارای حجم و ارزش معینی می‌باشد. از طرفی کوله‌پشتی نیز ظرفیت معینی دارد، یعنی مجموع حجم بسته‌هایی که می‌تواند در آن قرار بگیرد می‌بایست از مقدار ثابتی تجاوز نکند. مساله از این قرار است که می‌خواهیم طوری بسته‌ها را برای قرار دادن در کوله‌پشتی انتخاب کنیم که ارزش بسته‌ها حداکثر شود [11][12]. در پیاده‌سازی این مساله، هر راه‌حل (یک ترکیب از بسته‌ها)، یک فرد از جمعیت ژنتیکی خواهد بود. هر فرد از جمعیت با فرض اینکه n بسته داریم توسط رشته‌ای بیتی به طول ثابت n نمایش داده می‌شود. 1 بودن بیت i ام در این رشته نشان دهنده حضور بسته i ام در ترکیب خواهد بود. نحوه تعیین مقدار تابع شایستگی، با مجموع ارزش بسته‌ها

در ترکیب، نسبت مستقیم دارد. شرط ظرفیت کوله‌پشتی نیز بدین صورت است که اگر مجموع حجمها از ظرفیت کوله‌پشتی بیشتر شد، ترکیب غیرمعتبر خواهد بود. از آنجایی که در عملگرهای ژنتیکی احتمال ایجاد هر ترکیبی از بیتها -شامل حالت نامعتبر- وجود دارد، ممکن است نتیجه نامعتبر باشد. با راه‌حلهای غیر معتبر می‌توان به دو روش برخورد کرد: ترکیبهای نامعتبر حذف شوند و یا ترکیبهای نامعتبر از جمعیت حذف نشوند، ولی به آنها امتیاز منفی داده شود و جریمه^۲ شوند.

ب) مساله رنگ‌آمیزی گراف: در این مسئله با داشتن گراف و تعداد مشخصی رنگ قصد رنگ‌آمیزی گراف را بصورتی داریم که هیچ دو گره مجاور در این گراف دارای رنگ یکسانی نباشند [17]. هر کروموزوم برای این مسئله می‌تواند بصورت یک بردار دودویی باشد که اندیس درایه آن مشخص کننده شماره گره و اعداد قرار گرفته در آن مشخص کننده شماره رنگ آن گره باشد. می‌توان ارزش هر رشته را با توجه به جریمه‌ای که با خاطر عدم رعایت اصل فوق در رنگ‌آمیزی مرتکب شده است، محاسبه نمود. در واقع رشته‌ای که دارای مقدار جریمه صفر باشد جواب مسئله خواهد بود. اگر هدف علاوه بر تخصیص صحیح رنگها، استفاده از حداقل تعداد رنگها نیز باشد به استفاده زیاد از رنگها نیز جریمه‌ای تعلق می‌گیرد. در این مقاله مدل اول در نظر گرفته شده است.

۵- نتایج شبیه‌سازی

در این بخش کارایی چینش‌های پیشنهادی در حل مسائل رنگ‌آمیزی گراف و چندکوله‌پشتی مورد بررسی قرار می‌گیرد. نمودار ۱، تاثیر چینش مرکزنشینی برای مسئله $1/10$ چندکوله‌پشتی را نشان می‌دهد. استفاده متعدد از این چینش در الگوریتم احتمال یافتن جواب‌های مناسب را افزایش می‌دهد. در آزمایش بعدی چینش حاشیه‌نشینی، مورد بررسی قرار گرفت. همانطور که در نمودار ۲ نشان داده شده است این نوع چینش، بهبودی در الگوریتم نسبت به الگوریتم با چینش مرکزنشینی، صورت نداده است. با شمارش تعداد دفعاتی که بهترین جواب جریمه شده است (به تعداد ۱۳ بار)، و مقایسه این مقدار برای چینش مرکزنشینی (به تعداد ۸ بار)، میتوان به این نتیجه رسید که این نوع چینش نه تنها بهبودی در الگوریتم ایجاد نمی‌کند بلکه آن را بدتر نموده است. در آزمایش بعدی چینش همجواری در حل مساله کوله‌پشتی مورد استفاده قرار گرفت که نتیجه در نمودار ۳ نمایش داده شده است. این آزمایش نشان داد که این چینش هر چند اتوماتای ژنتیکی سلولی را بهبود می‌دهد، اما از لحاظ تعداد دفعاتی که جوابهای جریمه‌دار را تولید می‌کند (به تعداد ۸ بار)، هیچ برتری نسبت به چینش مرکزنشینی، ندارد.

برای حل مسئله رنگ‌آمیزی گراف با ۲۵ گره و ۳ رنگ، الگوریتم ژنتیکی معمولی، ژنتیکی سلولی بدون چینش و اتوماتای ژنتیکی سلولی با چینش

² Penalty

¹ Knapsack

Computation and Its Applications, EvCA'96, Moscow, Russian Academy of Sciences, 1996.

[4] Alba, E., Giacobini, M. Tomassini, M. and Romero, S. "Comparing Synchronous and Asynchronous Cellular Genetic Algorithms," Proceedings of the Parallel Problem Solving from Nature VII, University of Malaga, Granada, Spain, pp. 601-610, 2002.

[5] Meybodi, M. R. and Lesani, M. "Genetic Cellular Automata," Tech Report, Amirkabir University of Technology, 2003.

[6] Bryant, K. "Genetic Algorithms and the Traveling Salesman Problem," Ph.d. Thesis, Harvey Mudd College, Dept. of Mathematics, 2000.

[7] Cantu-Paz, E. "A Survey of Parallel Genetic Algorithms", IlliGAL Report No. 97003, May 1997

[8] "Genetic Algorithms Archive," Repository for GA related information, <http://www.aic.nrl.navy.mil/galist>.

[9] "Genetic Algorithms Tutorials," <http://geneticalgorithms.ai-depot.com/Tutorials.html>, July 2002.

[10] Pohlheim, H. "Genetic and Evolutionary Algorithm Toolbox for use with Matlab (GEATbx)," http://www.systemtechnik.tu-ilmeneau.de/~pohlheim/GA_Toolbox

[11] Spillman, R. "Cryptanalyst of Knapsack Ciphers Using Genetic Algorithms," Cryptologia, Volume XVII, No. 4, pp. 367 - 377, October 1993.

[12] Stokes, V. P. "Knapsack Problem," Uppsala University, Sweden.

[13] Lawler E. L. and Lenstra, J. K. "The Traveling Salesman," John Wiley and Sons, 1986.

[14] Reinelt, G. "The Traveling Salesman: Computational Solutions for TSP Applications," Springer-Verlag, 1994.

[15] Burke, E. K. and Varley, D. B. "A Genetic Algorithms Tutorial Tool for Numerical Function Optimization," SIGCSE Bulletin, USA, 1997.

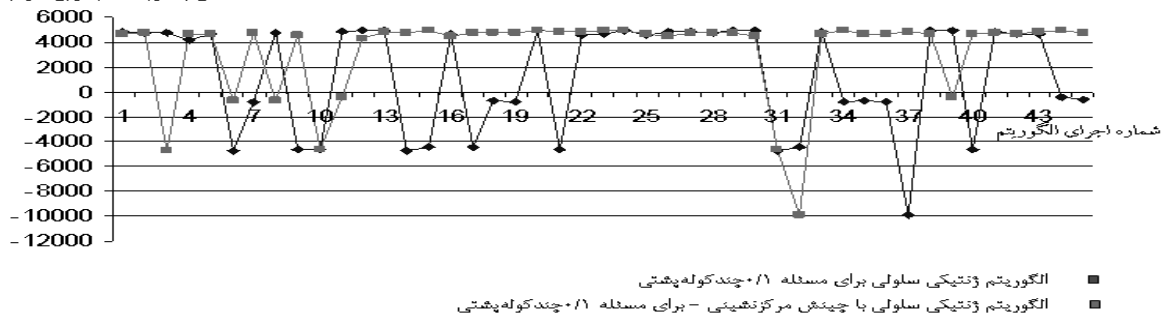
[16] "What are Gray codes, and why are they used," <http://ww.cs.cmu.edu/Groups/AI/html/faqs/ai/genetic>.

[17] - , "A new genetic local search algorithm for graph coloring," Lecture Notes in Computer Science 1498 (1998), 745-754.

[18] Matsui, S. and Tokoro, K. "A new Genetic Algorithm for Minimum Span Frequency Assignment Using Permutation and Clique," Proc. of GECCO-2000 (Genetic and Evolutionary Computation Conference, Morgan Kaufmann Publishers, 2000, pp. 682-689.

[19] Rajabalipour, H. and Meybodi, M. R. "Genetic Cellular Automata", Technical Report, Computer Engineering Department, Amirkabir University, 2003.

مقدار ارزش یا جریمه در بهترین جواب جمعیت



نمودار ۱. بهترین ارزش یا جریمه بدست آمده برای مساله کوله پشتی در اتوماتای های ژنتیکی سلولی با چینش مرکز نشینی

مرکز نشینی، مورد استفاده قرار گرفت. همانطور که در نمودار ۴ دیده میشود. اتوماتای ژنتیکی سلولی بدون چینش، ۹ بار از ۱۰ بار اجرا، الگوریتم ژنتیکی معمولی ۲ بار از ۱۰ بار اجرا و اتوماتای ژنتیکی سلولی با چینش مرکز نشینی، ۲ بار از ۱۰ بار اجرا به جوابهایی بهینه رسیده اند. این نتایج نشان می دهد که در همه موارد، چینش های غیر اتفاقی بهتر از چینش های اتفاقی عمل نمی کنند.

نمودار ۵ چینشهای مطرح شده در [5] را با چینشهای پیشنهاد شده در این مقاله برای مساله رنگ آمیزی گراف مقایسه میکند. همانطور که در نمودار ۵ ملاحظه می کنید، در ۱۰۰ بار اجرای اتوماتای سلولی ژنتیکی برای هر نوع چینش و در هر اجرا ۵۰ بار بازچینی حداکثر فاصله، بطور میانگین، در تکرار کمتری به جواب بهینه می رسد. در همین نمودار اتوماتای سلولی ژنتیکی که از چینش حاشیه نشینی استفاده نموده است در ۵۰ بار تکرار الگوریتم، هیچگاه به جواب بهینه نرسیده است. برای آزمایشهای بیشتر در باره چینش های پیشنهادی میتوان به [19] مراجعه کرد.

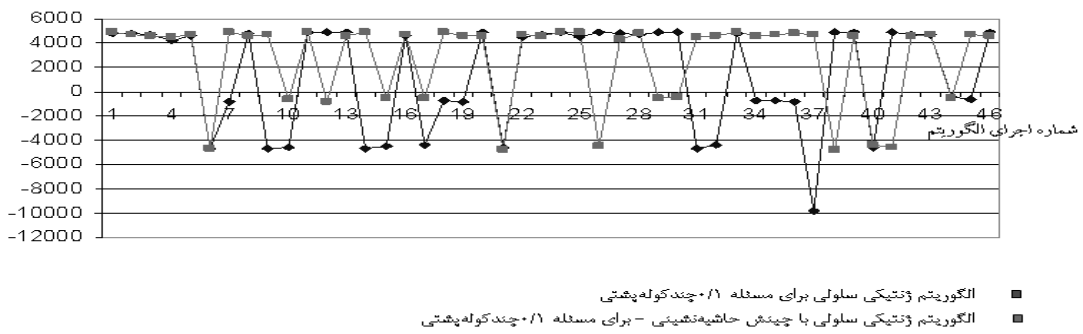
۶- نتیجه گیری

در این مقاله چینش های جدیدی برای اتوماتای ژنتیکی سلولی معرفی گردید و سپس بر روی مسایل متنوعی از جمله مساله کوله پشتی، مساله فروشنده دوره گرد، مساله تخصیص کانال در سیستمهای سیار سلولی و مساله رنگ آمیزی گراف آزمایش و مورد ارزیابی قرار گرفت و با چینشهای گزارش شده در [5] مقایسه شد. چینشهای جدید برای تعدادی از مسایل کارایی بهتری را نسبت به چینشهای گزارش شده در [5] دارا میباشد.

مراجع

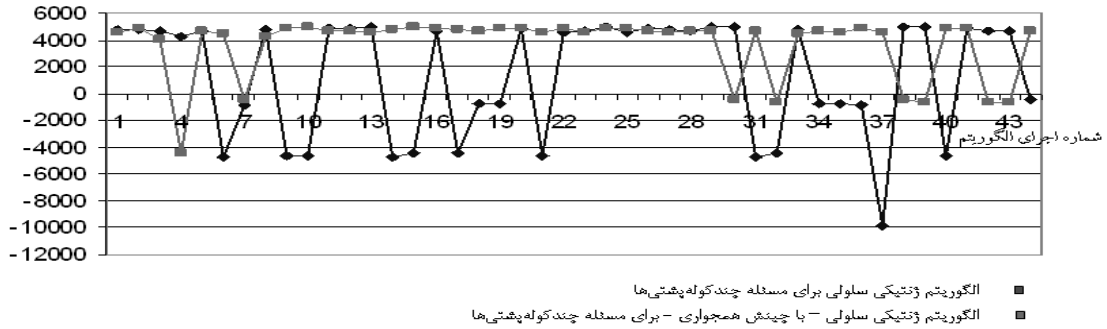
- [1] Kim, J. S., Park, S. H., Dowd, W. and Nasrabadi, N. "Genetic Algorithm Approach to the Channel Assignment Problem," IEEE Transaction on Vehicular Technology, vol. VT-40, pp. 188-193, Feb. 1998.
- [2] Davis, L. "Handbook of Genetic Algorithms," van Nosterand New York, 1991.
- [3] Mitchell, M., Crutchfield J. and Das, R. "Evolving Cellular Automata with Genetic Algorithms: A Review of Recent Work," Proceeding of First International Conference on Evolutionary

مقدار ارزش یا جریمه در بهترین جواب جمعیت

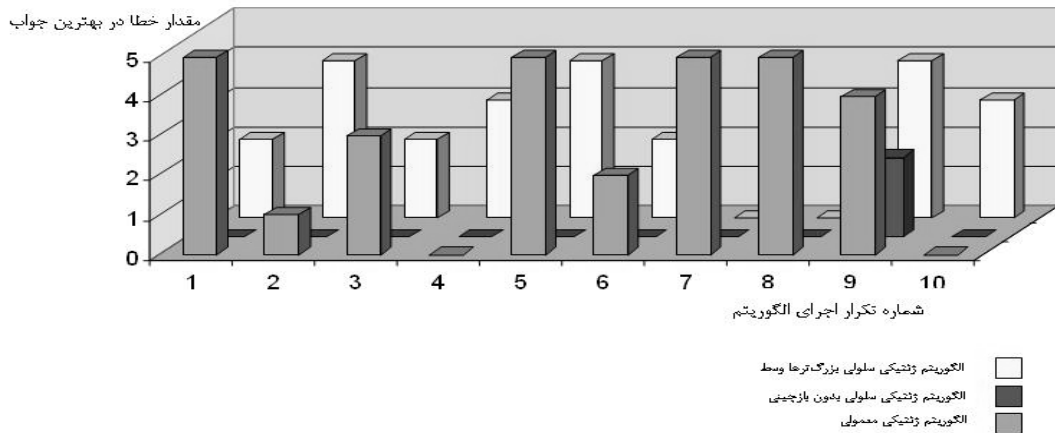


نمودار ۲. بهترین ارزش یا جریمه بدست آمده برای مسئله کوله پستی در اتوماتای‌های ژنتیکی سلولی با چینش حاشیه‌نشینی

مقدار ارزش یا جریمه در بهترین جواب جمعیت

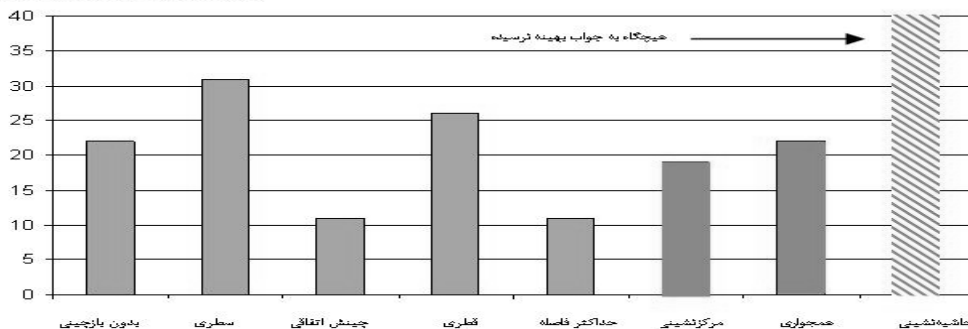


نمودار ۳. بهترین ارزش یا جریمه بدست آمده برای مسئله کوله پستی در اتوماتای‌های ژنتیکی سلولی با چینش همجواری



نمودار ۴. نمودار خطا در بهترین جواب‌های بدست آمده

شماره تکرار رسیدن به اولین جواب بهینه



نمودار ۵. مقایسه تعداد تکرارها برای رسیدن به اولین جواب بهینه برای چینش‌های مختلف برای مسئله رنگ آمیزی گراف